PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

INDAGINI GEOLOGICHE DI SUPPORTO ALLA PIANIFICAZIONE URBANISTICA

Il progettista
Dott. Geol. Marco Cinotti

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
MARCO CINOTTI
geologo specialista
Albo n.1290 AP
sezione A

VIA COL DI LANA, 3 – 21052 BUSTO ARSIZIO – TEL. 0331 634908 – FAX 1782207421
E – MAIL: GEO.LOGO@LIBERO.IT - P. IVA 02767940121
SITO WEB: WWW.STUDIODIGEOLOGIA.EDILSITUS.IT
SKYPE: GEO.LOGO

INDICE

CAPITOLO 1 – Metodologia di lavoro 7

1.1 – Strumenti di pianificazione sovraordinata e riferimenti normativi 7

1.2 – Aspetti metodologici 8

1.3 – Documentazione d'analisi 8

1.3.1 – cartografia d'inquadramento di dettaglio 9

a) Elementi litologici e geologico – tecnici e pedologici 9

b) elementi geomorfologici e di dinamica geomorfologica 9

c) elementi idrografici, idreologici e idraulici 10

d) elementi sismici 10

1.4 – Documentazione cartografica di sintesi 12

1.4.1 – Carta dei Vincoli – Carta di Sintesi 12

1.5 – Fase di proposta 13

1.5.1 – Carta della fattibilità per le azioni di piano e classi di fattibilità 13

1.6 Contenuti della relazione geologica e geologico-applicativa 13

1.6.1 Ricerca bibliografica e ricerca storica 14

1.6.2 Aspetti meteo-climatici 14

1.6.3 Aspetti relativi ai corsi d'acqua 14

1.6.4 Conclusioni 15

Capitolo 2 – Il Rilievo 16

2.1 – La descrizione e la rappresentazione del territorio 16

2.2 – Elementi di climatologia 16

2.2.1 Diagramma Ombrotermico..... 17

2.2.2. Indice di Aridità di De Martonne. 18

2.3 Le Carte di inquadramento di dettaglio 19

2.3.1 Elementi geografici. 19

2.3.2 Elementi geologici, litologici e geotecnici. 20

2.3.2.1 Evoluzione del territorio..... 22

2.3.3 Elementi geomorfologici 33

2.3.4 Elementi litologici 35

2.3.5 Elementi geopedologici 36

2.4 – I caratteri idrografici 42

2.4.1 – Il Torrente Arno..... 42

2.4.1 – Le aree di esondazione secondo il PAI 43

2.4.3 Tipologia degli eventi di piena 45

2.5 – I caratteri idrogeologici..... 50

2.5.1 – La Carta idrogeologica 55

2.5.4. Le aree di rispetto dei pozzi comunali..... 60

2.5.5. La sostenibilità del PGT in funzione delle risorse idriche disponibili..... 64

2.6 – I caratteri sismici 69

2.6.1 Indicazioni metodologiche della Regione Lombardia 74

2.6.2 Metodologia impiegata 76

2.6.3. Campagna d'indagine..... 78

2.6.4 Descrizione misure 79

2.6.5. Risultati 83

2.6.6. Indagini MASW30 86

Capitolo 3 – La sintesi 96

3.1 – Analisi geologico –tecnica 96

3.1.1 – Descrizione delle unità geologico tecniche 96

3.2 – La normativa vigente 100

3.3 – La carta di sintesi 100

3.3.1 – Gli elementi di sintesi 101

Capitolo 4 – La Gestione del territorio 104

4.1 La carta di fattibilità e delle azioni di piano 104

4.1.1 – La fattibilità degli interventi urbanistici e edilizi 105

4.2. Aree soggette ad amplificazione sismica locale; edifici strategici e rilevanti; 126

4.3. Vincoli e norme di polizia idraulica (fasce di rispetto, fasce di attenzione); 128

4.3.1. Dimostrazione dell'assenza di rischio 129

4.3.2. Regimazione delle acque 130

2.4.2. Prescrizioni e vincoli all'interno degli ambiti 135

4.4. Gestione acque superficiali; 138

4.5. – Gestione acque sotterranee; 139

4.6. – Gestione scarichi 142

4.7. – Tutela qualità dei suoli (bonifica suoli contaminati, aree industriali dimesse, trattamento terre e rocce da scavo) 143

4.8 – Gli elaborati richiesti 149

5. fonti rinnovabili 159

5.1. Geotermia 159

5.1.1. Tipologie di sistemi geotermici 159

5.1.2. Per cosa si utilizza il calore geotermico 160

5.1.3. Limiti e vantaggi 161

5.1.4. Applicazione del calore geotermico 161

5.1.4.1. Riscaldamento /climatizzazione di luoghi abitati ed altri usi civili 162

5.1.4.2. Usi industriali 162

5.1.5. Le tecnologie di utilizzo termico del terreno come fonte di calore 163

5.1.5.1. Le sonde geotermiche 163

5.1.5.2. I pali energetici 170

5.1.5.3. Sfruttamento diretto della falda freatica 170

5.2. Sonde Geotermiche Verticali – Prescrizioni 171

5.2.1. Divieti: 171

5.2.2.Procedure autorizzative 172

5.2.3. Adempimenti 172

5.2.4. Indicazioni tecniche operative 174

5.3. Solare termico 175

5.3.1. Analisi energetica: calcolo dell'energia pro capite necessaria 178

5.3.2. Vantaggi ambientali 179

5.4. Impianto fotovoltaico 181

5.4.1. Applicazioni 184

5.4.2. Potenzialità del fotovoltaico 185

5.4.3. Vantaggi ambientali 186

ALLEGATI 188

Allegato I 189

BIBLIOGRAFIA 270

CAPITOLO 1 - METODOLOGIA DI LAVORO

1.1 - STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA E RIFERIMENTI NORMATIVI

Lo studio geologico è stato realizzato avendo come quadro di riferimento le leggi e le normative esistenti sia a livello statale sia a quello regionale nel campo della difesa del suolo e della salvaguardia dell'ambiente e del territorio.

In particolare, lo studio ha preso in considerazione gli approfondimenti, le indicazioni ed i vincoli specifici di settore contenuti negli strumenti di pianificazione di bacino ai sensi della L. n. 183 del 1989 e successive modificazioni, nei programmi regionali e provinciali di previsione e prevenzione dei rischi ai sensi della L. n. 225 del 1992 e negli strumenti di programmazione territoriale di livello sovracomunale.

In aggiunta a questo è da considerare che la Regione Lombardia negli ultimi anni ha prodotto una specifica normativa che la colloca ai vertici nazionali in materia di indagini geologiche di supporto alla pianificazione urbanistica. Le Deliberazioni della Giunta Regionale del 1993, del 1998 e del 2001 hanno preparato la strada alla Legge di Governo del Territorio emanata nel 2005. In attuazione a questa la D.G.R. 8/1566 del 22.12.2005 e il recente aggiornamento contenuto nella delibera 8/7374 del 28.05.2008 hanno completato il quadro.

Specificatamente, lo studio geologico di supporto del Piano di Governo del Territorio si colloca all'interno del quadro definito da questi strumenti di livello sovracomunale ed approfondisce alla scala di dettaglio richiesta le eventuali tematiche o situazioni di criticità ambientale e di rischio geologico ed idraulico in essi riscontrate.

Per quanto riguarda i Piani sovraordinati è da far presente il recente Piano Paesistico regionale ed il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale approvato con deliberazione n° 27 dell'11.04.2007.

Sono stati pertanto recepiti nelle cartografie di fattibilità geologica delle azioni di piano, tutti gli indirizzi ed i vincoli derivanti dai Piani vigenti, approvati con atti legislativi o amministrativi dalle rispettive amministrazioni pubbliche competenti.

1.2 - ASPETTI METODOLOGICI

La metodologia utilizzata, conformemente a quanto previsto nella deliberazione della Giunta Regionale 7374 del 28.05.2008, si fonda su tre successive fasi di lavoro: analisi, sintesi e proposte.

a) La **fase d'analisi** si basa sulla raccolta dati bibliografici, integrata con osservazioni di campagna, sulla predisposizione d'apposita cartografia di base in scala 1:5.000 e cartografia tematica di dettaglio.

b) Alla successiva **fase di sintesi** si perviene attraverso la redazione di una carta di sintesi sempre in scala 1:5.000 oltre alla ricognizione delle principali limitazioni d'uso, derivanti da vincoli, esistenti sul territorio. La carta, ha lo scopo di fornire, mediante un unico elaborato, un quadro sintetico dello stato del territorio. Nella fase successiva, sarà operata una valutazione incrociata degli elementi contenuti nella carta di sintesi con i fattori ambientali ed antropici propri del territorio in esame. Ciò ha consentito di affrontare la lettura del territorio anche sotto il profilo geologico - ambientale e delle vocazioni d'uso, al fine di non compromettere gli equilibri che consentono una tutela ambientale preventiva.

c) La **fase propositiva** finale sarà definita tramite la carta di fattibilità geologica, alla stessa scala dello strumento urbanistico, proponendo una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità e rischio geologico ed idrogeologico presente ed in considerazione delle diverse destinazioni d'uso proposte. Questa zonizzazione sarà definita in prima istanza, attribuendo un valore d'ingresso alle diverse categorie territoriali individuate nella carta di sintesi e successivamente ad una più precisa e puntuale definizione delle classi stesse in base a valutazioni tecniche.

1.3 - DOCUMENTAZIONE D'ANALISI

La documentazione d'analisi è costruita partendo, in primo luogo, dai dati e dalle informazioni esistenti, relative agli aspetti geologici, strutturali, geomorfologici, pedologici, idrogeologici, idrografici ed ambientali, integrati successivamente con verifiche e rilievi di campagna.

Per ciò che concerne le basi topografiche è stato utilizzato il rilievo aerofotogrammetrico realizzato dal Comune di Ferno.

E' da evidenziare che il Comune di Ferno era già dotato di uno studio geologico ed idrogeologico redatto nel 1995 dalla GEDA s.n.c. Tale studio è stato successivamente integrato ed aggiornato, sempre dalla GEDA s.n.c, nel Novembre 2002 con lo "*Studio geologico ed idrogeologico per la ridefinizione e regolamentazione di aree soggette a P.A.I.*"

Il presente studio pertanto rielabora quanto già indagato completando l'indagine con gli approfondimenti sismici richiesti dalla normativa vigente.

Nella fase di analisi e sintesi è stata utilizzata la scala 1:3000, in modo tale da consentire un'agevole visione d'insieme del territorio.

1.3.1 - cartografia d'inquadramento di dettaglio

a) Elementi litologici e geologico – tecnici e pedologici

Con questo elaborato si intende inquadrare, da un punto di vista geologico, il territorio da studiare, comprendendo anche porzioni territoriali al di fuori dei limiti amministrativi.

Considerate le difficoltà di accedere all'area aeroportuale di Malpensa, si rappresenterà questa zona nella scala di rilevamento 1:10000, mentre la restante parte del territorio comunale sarà raffigurata in scala 1:5000. In tale carta, realizzata mediante rilievo diretto integrato da studi presenti in bibliografia, i litotipi ed i depositi superficiali, sono stati distinti ricorrendo alle unità allostratigrafiche.

b) elementi geomorfologici e di dinamica geomorfologica

Redatta mediante verifiche sul terreno, rappresenta analiticamente le forme d'erosione e d'accumulo presenti, interpretandone la genesi in funzione dei processi geomorfologici attuali e passati e valutandone lo stato d'attività.

Anche per questo elaborato valgono i due tipi di rappresentazione descritti al punto precedente.

Sono previsti tre stati d'attività delle forme e dei processi geomorfologici: attive, quiescenti, inattive.

c) elementi idrografici, idreologici e idraulici

Con questa carta è stato individuato il reticolo idrografico principale e quello minore secondo i disposti della L.R. 1/2000 e ss.mm.ii, evidenziando le relative porzioni di bacino, le principali opere di regimazione e difesa idraulica, le opere di derivazione e d'attraversamento.

Per quanto riguarda le aree d'esondazione del Torrente Arno, sono stati rappresentati i dati tratti dagli studi dal gruppo di lavoro costituito dall'Ing. Bai Antonino e dai Dott. Geol. Carimati Roberto e Zaro Giovanni in conformità alla D.G.R. 7365/2001. Le aree di pertinenza idraulica sono state delimitate sulla base della portata liquida e/o solida misurata o stimata indirettamente con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

Per quanto riguarda gli elementi idrogeologici, sono stati riportati tutti i pozzi idrici (pubblici e privati) esistenti con la ricostruzione di una possibile piezometria, l'indicazione della direzione di flusso prevalente e dell'asse drenante.

In merito alla determinazione dell'area di rispetto dei pozzi pubblici destinati ad uso idropotabile, questa è stata ricostruita in base al criterio temporale. Tale calcolo dovrà essere sottoposto poi all'approvazione dell'Autorità di Ambito per l'approvazione.

Per la definizione di massima della vulnerabilità della falda ci si è basati sulla proposta di classificazione elaborata da Civita che attribuisce schematicamente ai litotipi una vulnerabilità teorica. E' stata pertanto redatta una carta specifica con indicazione delle infrastrutture acquedottistiche ed i centri di pericolo esistenti.

d) elementi sismici

Con la nuova classificazione sismica del territorio nazionale alcuni comuni, che precedentemente risultavano non classificati, adesso sono stati inseriti in classe 4 o addirittura in classe 3. Tra questi rientra il Comune di Ferno, attualmente classificato in zona 4.

La L.R. n. 12/2005 ha portato all'individuazione dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica. Secondo tale procedura, ai fini dell'analisi del rischio sismico è essenziale la definizione del 1° livello di approfondimento (obbligatoria per tutti i comuni), basato sul riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche, sia di dati

esistenti (con produzione della Carta della pericolosità sismica locale). Su tale base dovranno poi essere eventualmente applicati il 2° ed il 3° livello di approfondimento (rispettivamente "caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione nelle aree perimetrate nella carta di pericolosità sismica locale" e "definizione degli effetti di amplificazione tramite indagini ed analisi più approfondite").

In ogni caso, per i comuni classificati in zona sismica 4 come Ferno, gli eventuali ulteriori livelli di approfondimento sono limitati agli edifici strategici e rilevanti. Attualmente, anche in base alle indicazioni del Servizio Sismico Nazionale, le modalità con cui vengono effettuati gli studi di rischio sismico prevedono un approccio interdisciplinare incentrato sulle discipline sismologiche, geologiche e geomeccaniche, per la definizione della pericolosità, ed esteso all'ingegneria sismica nella fase di valutazione del rischio.

Nell'ambito degli studi sismologici ha assunto particolare importanza l'individuazione di zone soggette ad amplificazione sismica, cioè quelle zone nelle quali il terremoto risulta amplificato a causa delle caratteristiche meccaniche del terreno. E' noto, infatti, che gli effetti del terremoto non risultano mai omogenei a scala locale, ma anzi mostrano una forte eterogeneità, con zone soggette a forti valori di scuotimento, vicine ad altre relativamente meno interessate dagli effetti del sisma. Il caso più eclatante, nel nostro paese, è stato il terremoto del Molise del 31 ottobre 2002 che ha portato al crollo della scuola di San Giuliano di Puglia. In quel caso ad evidenti negligenze progettuali dell'edificio, si sono sommati forti effetti amplificativi legati alle caratteristiche dei terreni di fondazione. La nuova normativa sismica introdotta con le nuove "Norme tecniche per le costruzioni", proprio traendo spunto dal caso menzionato, ha introdotto la caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione, con il calcolo delle Vs30, cioè della velocità media delle onde S per uno spessore di 30 metri dalla superficie. Naturalmente l'individuazione delle zone soggette ad amplificazione sismica e la caratterizzazione delle Vs30, non necessariamente corrispondono ad una stessa fase operativa dello studio e nemmeno ad una stessa scala territoriale, potendosi distinguere sia metodi di analisi diversi, sia diverse estensioni areali investigate. Attualmente la legge non richiede ai Comuni di procedere a caratterizzazioni generalizzate delle Vs30, rimandando invece ai singoli interventi edificativi la

caratterizzazione completa dei terreni; tuttavia si richiede la caratterizzazione dei terreni su cui insistono gli edifici così detti strategici, quali scuole, ospedali, caserme, uffici comunali, etc.; inoltre, è opportuno che le amministrazioni pubbliche siano a conoscenza delle eventuali aree comunali soggette ad amplificazione, in modo tale da predisporre eventuali piani di intervento in caso di sisma.

L'esperienza dei Comuni sismici, dove da anni si portano avanti studi di questo tipo, consente di definire preventivamente un iter procedurale che consenta anche a comuni con risorse finanziarie limitate di indagare il proprio territorio nel suo complesso; oltre agli interventi sugli edifici strategici, richiesti dalla legge, si procede alla microzonazione sismica del territorio comunale, individuando prima le aree a maggior amplificazione, e procedendo successivamente alla caratterizzazione delle Vs30 di zone limitate per le quali la precedente microzonazione abbia individuato particolari condizioni di criticità.

1.4 - DOCUMENTAZIONE CARTOGRAFICA DI SINTESI

1.4.1 - Carta dei Vincoli – Carta di Sintesi

La carta di sintesi, redatta su tutto il territorio comunale alla scala 1:10.000, e sulle porzioni urbanizzate in scala 1:5000, contiene gli elementi più significativi evidenziati nella fase d'analisi.

A questo scopo sono evidenziati:

- i fenomeni geomorfologici attivi e potenzialmente riattivabili (quiescenti), come frane, erosioni, aree d'esondazione e di spandimento, punti critici per degrado, inadeguatezza delle opere idrauliche o per la presenza d'opere interferenti con i corsi d'acqua o di sezioni critiche, corridoi ecc.
- le fasce di rispetto dei punti di captazione d'acqua;
- le aree, con caratteristiche geomeccaniche e geotecniche scadenti o pessime;
- le aree vincolate in base a disposizioni di polizia idraulica.

1.5 – FASE DI PROPOSTA

1.5.1 - Carta della fattibilità per le azioni di piano e classi di fattibilità

La carta della fattibilità geologica per le azioni di piano è stata redatta in scala 1:5000 come il Piano di Governo del Territorio, sulla stessa base topografica delle aree all'interno dei limiti comunali, interessate dalla cartografia d'inquadramento e di dettaglio risultando così, a tutti gli effetti, parte integrante del Piano.
Dalla valutazione incrociata degli elementi contenuti nella cartografia analitica con i fattori ambientali, territoriali ed antropici propri del territorio in esame, si è sviluppato il processo diagnostico che ha consentito di formulare le proposte per suddividere il territorio in classi di fattibilità geologica.
Per le finalità del presente documento si è valutato più significativo redigere una carta applicativa mirata a dimostrare la fattibilità geologica piuttosto che una carta del rischio in senso tradizionale.
Infatti le classi di fattibilità qui proposte tengono conto delle valutazioni della pericolosità dei singoli fenomeni, degli scenari di rischio conseguenti e della componente geologico - ambientale.
La classificazione fornisce inoltre indicazioni generali in ordine alle destinazioni d'uso, alle cautele generali da adottare per gli interventi, agli studi ed alle indagini da effettuare per gli approfondimenti del caso, alle opere di riduzione del rischio ed alla necessità di controllo dei fenomeni in atto.
In tale ottica sono state individuate dal punto di vista delle condizioni geologiche quattro classi di fattibilità.

1.6 CONTENUTI DELLA RELAZIONE GEOLOGICA E GEOLOGICO-APPLICATIVA

La presente relazione geologica e geologico-applicativa, illustra gli aspetti metodologici seguiti per la realizzazione dello studio, indicando le motivazioni che giustificano eventuali variazioni rispetto allo standard, nonché le fonti utilizzate per l'elaborazione della documentazione cartografica.

1.6.1 Ricerca bibliografica e ricerca storica

Particolare importanza è stata attribuita alla ricerca bibliografica delle pubblicazioni esistenti e la ricerca storica, effettuata con l'intento di acquisire la conoscenza dei fenomeni di dissesto o esondazione che hanno colpito il territorio in passato, nell'ottica della prevenzione del ripetersi degli stessi o per la previsione di nuovi scenari di dissesto.
Tale ricerca è stata effettuata mediante la raccolta d'informazioni relative ad eventi del passato presso gli archivi comunali, biblioteche, archivi di Stato, biblioteche private, archivi di comunità montane, Province etc.
Sono state acquisite informazioni relative ad altri aspetti geologico-ambientali, quali discariche, forme d'inquinamento o quant'altro di significativo. La ricerca d'informazioni storiche è stata effettuata sugli ultimi 200 anni, senza tralasciare notizie precedenti, quando di rilevante importanza.

1.6.2 Aspetti meteo-climatici

La relazione geologica e geologico-applicativa contiene tutte quelle informazioni di base utilizzate nello studio che non sono state oggetto d'apposita e specifica cartografia, quali ad esempio l'inquadramento meteo-climatico (precipitazioni e regime delle precipitazioni, eventi pluviometrici intensi ed estremi, temperature, bilanci idrologici, ecc.).

1.6.3 Aspetti relativi ai corsi d'acqua

Per i corsi d'acqua sono stati raccolti, ove possibile, i dati idrologici al fine di valutare la loro evoluzione e la tendenza evolutiva dell'alveo nei tratti interessati dal territorio comunale.

Tali elementi sono meglio dettagliati nello studio redatto dal gruppo di lavoro costituito dall'Ing. Bai Antonino e dai Dott. Geol. Carimati Roberto e Zaro Giovanni in conformità alla D.G.R. 7365/2001 che viene richiamato integralmente.

1.6.4 Conclusioni

Sono state puntualmente descritte, analizzate e commentate le cartografie di base e tematiche e le sezioni geologiche prodotte proponendo conclusioni aderenti con quanto emerso dalle ricerche e dalle indagini effettuate e motivando in modo particolare la classificazione delle aree proposte all'interno della carta della fattibilità geologica. Lo studio geologico indicherà gli approfondimenti d'indagine necessari definendo l'estensione dell'ambito su cui tali approfondimenti dovranno essere condotti in maniera unitaria. Sono inoltre indicate le cautele e le precauzioni da osservare in fase di progettazione di massima degli interventi, le opere necessarie e da realizzare al fine di mitigare e ridurre i rischi escludendo qualunque interferenza negativa con le aree limitrofe. Sono state da ultimo chiaramente specificate le prescrizioni di natura geologico-applicativa che dovranno essere recepite nelle Norme tecniche d'attuazione del Piano.

CAPITOLO 2 - IL RILIEVO

2.1 – LA DESCRIZIONE E LA RAPPRESENTAZIONE DEL TERRITORIO

In questo capitolo sono descritte le carte tematiche che compongono il rilievo e le analisi in relazione anche alle correlazioni che esse hanno con la determinazione della pericolosità.

La carta litologica e geotecnica rappresentano la costituzione fisica immutabile del territorio, con la quale dovremo sempre confrontarci per qualsiasi tipo d'intervento edilizio. La carta geomorfologica, idrografica ed idrogeologica, rappresentano la situazione attuale del territorio in relazione alle dinamiche fisiche che giorno dopo giorno lo regolano, alla tipologia dei dissesti, alla loro ricorrenza e spazialità. Tali elaborati ci consentono di evidenziare le dinamiche naturali del territorio e di distinguere, in una certa misura, i fenomeni propri da quelli indotti o potenzialmente innescabili da dinamiche antropiche errate.

2.2 – ELEMENTI DI CLIMATOLOGIA

Secondo la classificazione climatica il centro abitato è situato in "zona E", con un clima di tipo continentale caratterizzato da inverni freddi con molte giornate di gelo ed estati calde e afose. È frequente, anche se sempre meno, il fenomeno della nebbia. La media niveometrica del territorio si aggira intorno ai 30 cm annui.

Dall'analisi dei dati riportati nella tabella soprastante, si può notare che l'andamento delle temperature medie mensili è caratteristico dei climi delle medie latitudini, con i valori max nei mesi di Luglio - Agosto (circa 22°), ed i minimi nei mesi invernali di Dicembre e Gennaio (circa 3°).

La distribuzione delle precipitazioni medie mensili (tabella 2) mostra due massimi in corrispondenza del mese di Maggio (175,2 mm) ed Ottobre con circa 165 mm ed un minimo in Luglio con circa 98 mm di precipitazione.

Nell'area sono frequenti le nevicate, anche queste molto variabili; si rileva che si hanno in media 7 giorni nevosi con un manto complessivo di circa 40 cm.

MILANO MALPENSA	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
Temp. max. media (°C)	6.1	8.6	13.1	17.0	21.3	25.5	28.6	27.6	24.0	18.2	11.2	6.9	17.3
Temp. min. media (°C)	-4.4	-2.5	0.4	4.3	9.0	12.6	15.3	14.8	11.5	6.4	0.7	-3.6	5.4
Piogge (mm)	67.5	77.1	99.7	106.3	132.0	93.3	66.8	97.5	73.2	107.4	106.3	54.6	1081.7
Giorni di pioggia (≥ 1 mm)	6	6	8	9	10	9	6	8	6	7	8	6	89
Umidità relativa (%)	78	76	69	73	74	74	74	73	74	77	80	80	75.2
Venti (dir.-nodi)	N 3.3	N 3.3	N 3.4	N 3.5	N 3.3	N 3.2	N 3.1	N 3.0	N 3.1	N 3.1	N 3.4	N 3.3	3.3

Tabella 1 - Dati Climatici - Stazione Milano Malpensa

Per evidenziare le correlazioni fra i valori delle precipitazioni e quelli termometrici sono stati utilizzati il Diagramma Ombrotermico e l'Indice d'Aridità di De Martonne .

2.2.1 Diagramma Ombrotermico

Il diagramma Ombrotermico si ottiene riportando sul grafico le precipitazioni mensili in mm e la temperatura in °C, in scala doppia rispetto alle prime; questa rappresentazione è utilizzato per mettere in risalto i periodi in cui si ha un bilancio idrico positivo, caratterizzati dal prevalere delle precipitazioni sull'evapotraspirazione, e le situazioni di deficit idrico, quando in pratica le perdite per evapotraspirazione superano gli afflussi. Come si può notare dall'esame della figura 1. quest'ultima situazione non accade neppure nei mesi estivi quando, le precipitazioni raggiungono i valori minimi e le temperature i massimi.

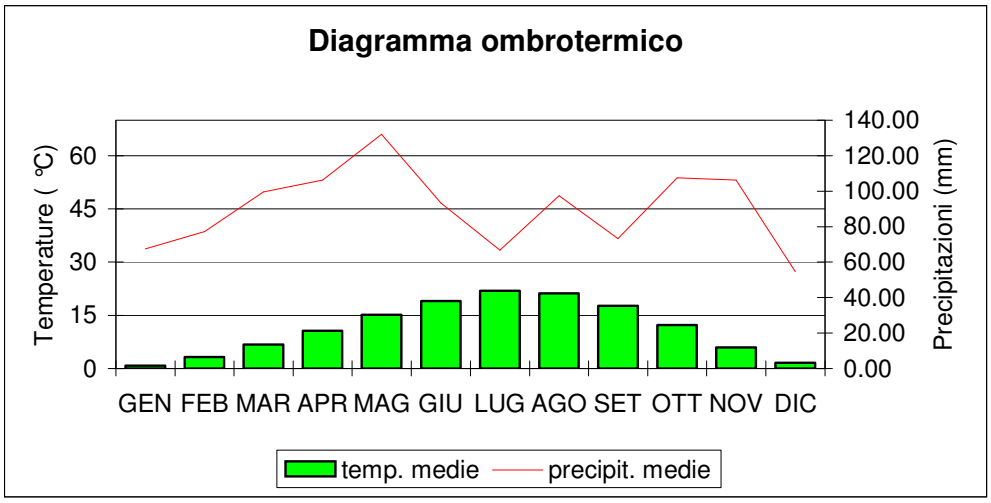


Grafico 1 - Diagramma ombrotermico

2.2.2. Indice di Aridità di De Martonne.

L'Indice di Aridità di De Martonne è definito come:

$$Ia = 12\,Pm/(10 + Tm)$$

con Tm = Temperatura media del mese considerato in °C

Pm = Precipitazione media del mese considerato in mm

e determina le condizioni climatiche in relazione alle colture agricole. Indici inferiori a 20 (Periodi sub-aridi) e a 10 (Periodi aridi) indicano condizioni tali da compromettere le colture agricole se non opportunamente irrigate.

La forma poligonale del pluviogramma in figura 2, mostra che l'area è caratterizzata dalla prevalenza di periodi umidi su quelli secchi e soltanto il mese di Luglio presenta un indice prossimo a 20.

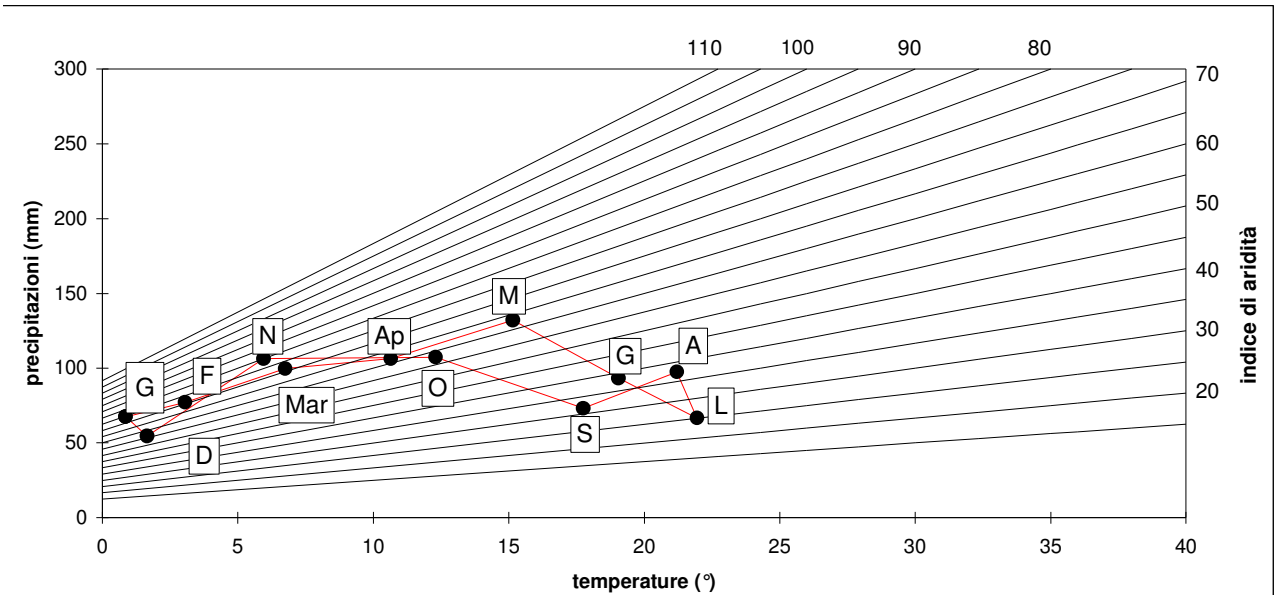


Grafico 2 - Indici di Aridità (De Martonne)

2.3 LE CARTE DI INQUADRAMENTO DI DETTAGLIO

2.3.1 Elementi geografici.

Il Comune di Ferno è ricompresso nella parte sud Est della Provincia di Varese nella cosiddetta Alta Pianura Padana. Il territorio comunale, si presenta pressoché pianeggiante con un'altitudine compresa tra i 208 e i 227 metri sul livello del mare ed un'escursione altimetrica complessiva pari a 19 metri.

L'abitato si è sviluppato prettamente lungo l'asse viario Gallarate – Somarate – Lonate Pozzolo dando origine ad un solo grande nucleo abitato corrispondente a Ferno stesso e ad una piccola frazione a sud est, San Macario.

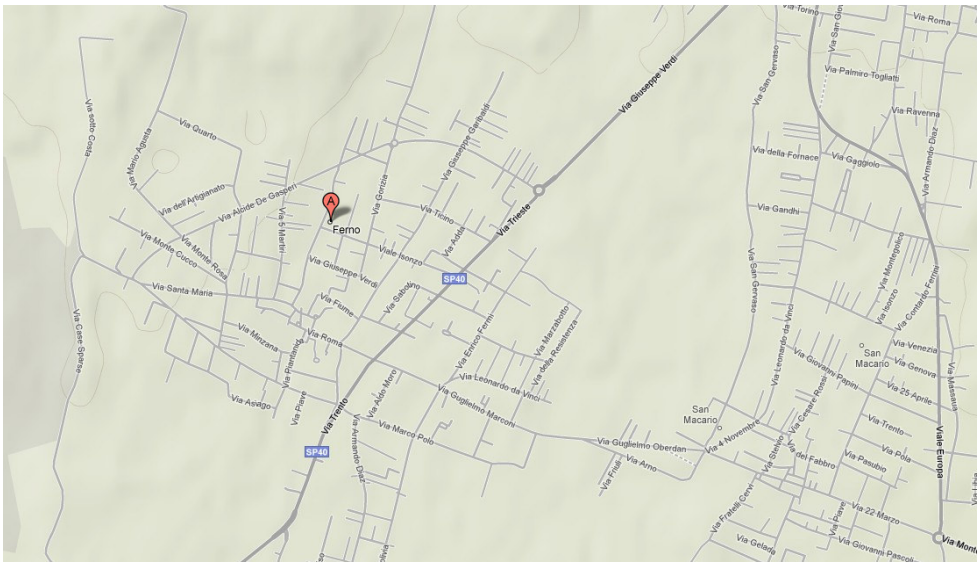


Figura 1 - Carta morfologica

2.3.2 Elementi geologici, litologici e geotecnici.

Per la realizzazione di questa carta è stato necessario prendere in esame non solo la natura litologica dei terreni affioranti ma anche tutta una serie di caratteristiche fisiche che vanno dalla compattezza o grado di cementazione alla porosità, dall'angolo di attrito interno alla coesione, alla presenza di strutture sedimentarie e tettoniche. Al fine di agevolare e rendere più evidente la classificazione litologica delle formazioni presenti, sulla carta sono stati indicate le indagini geotecniche e gli studi eseguiti sul territorio distinguendo le seguenti categorie:

- PENETROMETRIE: Relazione geologico – geotecnica accompagnata dall'esecuzione di una o più prova penetrometrica;
- SONDAGGI: Relazione geologico - geotecnica con sondaggi (carotaggi e/o scavi con escavatore);
- ALTRO: Relazione geologica con dati bibliografici e/o desunti da rilevamento geologico.

Il codice, indicato sui simboli riportati in cartografia, è riferito al numero d'ordine

attribuito agli studi eseguiti ed allegati alla presente relazione.

Al fine di redigere il presente elaborato, è stato eseguito un rilievo di campagna di dettaglio integrato da ricerche bibliografiche.

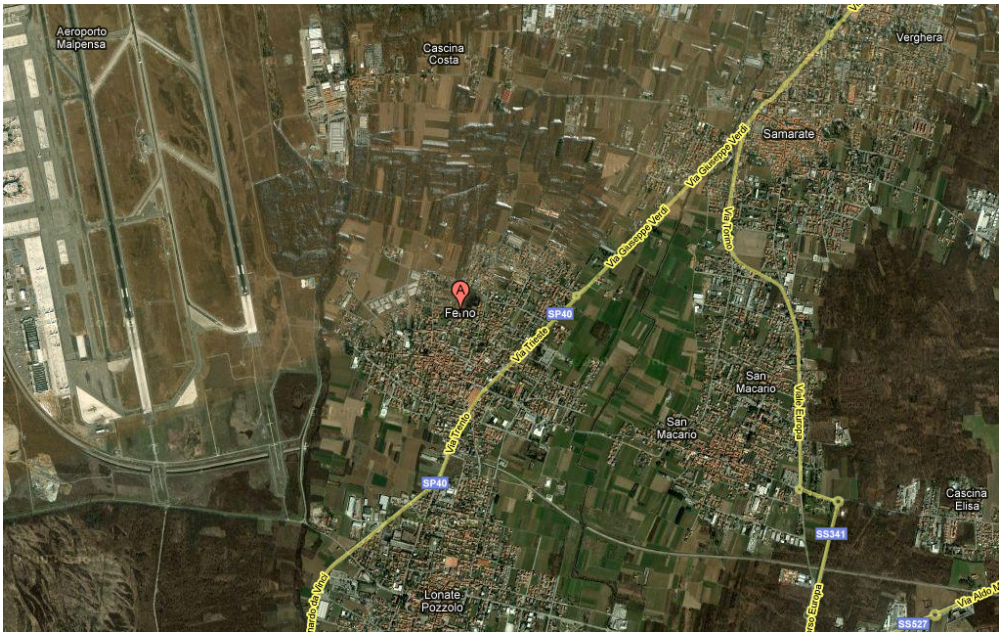


Figura 2 - Immagine Satellitare (Google Maps)

In questo modo è stato possibile integrare il rilevamento di superficie con i dati del sottosuolo, interpretando così l'evoluzione del territorio.

2.3.2.1 Evoluzione del territorio

Il territorio in esame, si trova nella parte settentrionale della Pianura Padana, compresa tra i Fiumi Ticino ed Olona. Proprio questa vicinanza ad importanti corsi d'acqua caratterizza la geologia dell'area.

Figura 3 - Estratto Carta Geologica d'Italia - Foglio 44 - Novara

L'area, rappresentata nel foglio 44 della carta Geologica d'Italia - Novara, è costituita da depositi alluvionali ghiaiosi di tipo fluvioglaciale riconducibili al Wurm e Riss, con paleosuoli argilloso giallo – rossiccio di ridotto spessore, talora ricoperto da limi più recenti.

Sotto questa formazione, sono compresi quei depositi di natura ghiaioso-sabbioso-argillosa che costituiscono il livello principale della pianura.

La morfologia è molto uniforme; si tratta, infatti, di una pianura che s'insinua a nord tra i lembi diluviali più antichi, mantenendosi ad una quota sensibilmente inferiore.

È evidente, in quest'area, come la distribuzione delle ghiaie contrassegni l'alveo d'antichi corsi d'acqua incisi nei pianalti più elevati mentre a sud è interrotta soltanto dagli alvei degli attuali corsi d'acqua, fiancheggiati da più ordini di terrazzi.

Questa formazione è quasi costantemente caratterizzata dalla presenza di uno strato superiore d'alterazione di natura essenzialmente argilloso-sabbiosa con spessori di 25-70 cm.

Al di sotto di questo strato d'alterazione superficiale, s'incontrano ghiaie, sabbie, limi e argille. Nell'area in esame prevalgono le ghiaie costituite da ciottoli di dimensioni medie e grosse ed i ciottoli hanno forma arrotondata con frequente tendenza verso la forma ovale. Mancano quasi del tutto elementi angolosi e, se presenti, si tratta di frammenti composti di rocce durissime e fragili, ad esempio diaspri. Le ghiaie sono nella maggior parte dei casi stratificate e la stratificazione è per lo più determinata da una successione di lenti e strati a granulometria diversa, ma composti ciascuno da elementi di dimensioni simili tra loro. Sono pure frequenti straterelli sabbiosi che si alternano con ghiaie più o meno grossolane. I ciottoli delle ghiaie sono spesso mescolati con notevole quantità di sabbia, perciò più che di ghiaie si deve parlare di ghiaie sabbiose. L'argilla è pure presente molto spesso negli strati superficiali e talora si mescola con la ghiaia e la sabbia sino ad una certa profondità. Questa argilla, salvo eccezioni, è stata portata nel sottosuolo dalle acque di dilavamento e da quelle d'irrigazione.

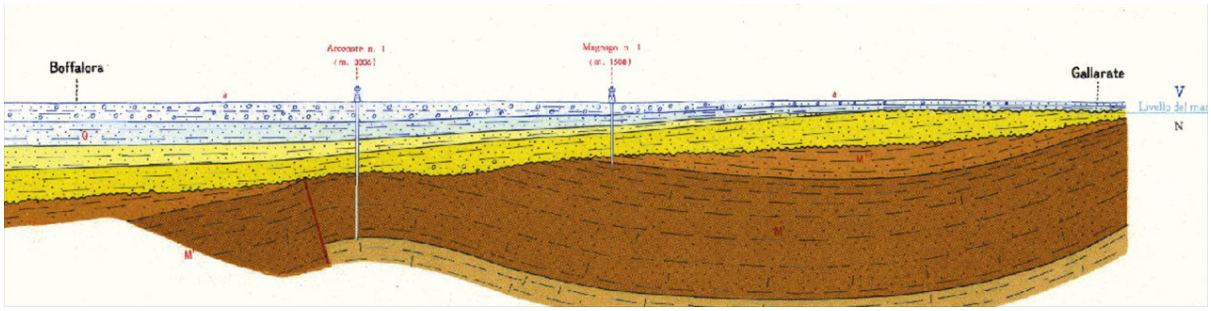


Figura 4 - Sezione tratta dalla Carta Geologica d'Italia - Foglio 44

Per quanto riguarda la natura litologica dei ciottoli, prevalgono quelli composti di rocce intrusive, quali graniti, granodioriti e dioriti. Sono abbondanti le rocce metamorfiche, quali gneiss, gneiss ghiandolari, kinzigiti, scisti cloritico-epidotici, quarziti, micascisti, fillladi, anfiboliti. Sono pure presenti ciottoli d'arenaria, ed anche di calcari, mentre sono scarse le dolomie.

L'esatta delimitazione dello spessore è possibile solo in perforazione ove le ghiaie si appoggiano direttamente su livelli ben identificabili, il Ceppo, le argille superficiali del Diluvium antico e medio, le argille fluvio-lacustri del Villafranchiano. Nella zona a ghiaie prevalenti lo spessore della coltre diluviale recente varia sensibilmente.

L'area in esame si inserisce, dal punto di vista territoriale, nell'ampia fascia della media pianura alluvionale lombarda, limitata a nord dalle estreme propaggini dei terrazzi fluvio-glaciali Rissiani e Mindelliani (quote assolute attorno ai 300-350 metri sul livello del mare) e degradante, verso sud, alla bassa pianura che si estende fino al fiume Po (quote assolute attorno ai 50-60 metri sul livello del mare). Il dislivello complessivo, pertanto, è dell'ordine di 250-300 metri. Tale dislivello, su un'estensione N-S di circa 60 km, determina una pendenza media del terreno pari a circa il 0.5%.

Le caratteristiche geomorfologiche della pianura in esame sono state determinate dalla successione degli eventi geologici durante il periodo quaternario.

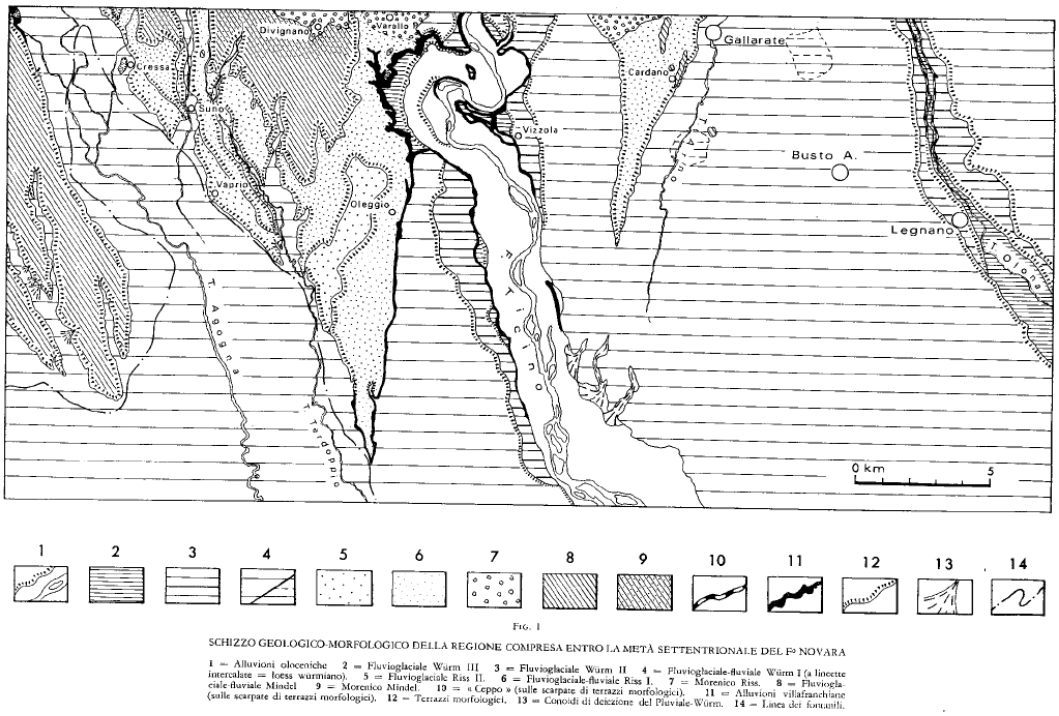


FIG. 1

SCHIZZO GEOLOGICO-MORFOLOGICO DELLA REGIONE COMPRESA ENTRO LA METÀ SETTENTRIONALE DEL F° NOVARA

1 = Alluvioni oloceniche. 2 = Fluvioglaciale Würm III. 3 = Fluvioglaciale Würm II. 4 = Fluvioglaciale-fluviale Würm I (a lineette intercalate = loess wurmiano). 5 = Fluvioglaciale Riss II. 6 = Fluvioglaciale-fluviale Riss I. 7 = Morenico Riss. 8 = Fluvioglaciale-fluviale Mindel. 9 = Morenico Mindel. 10 = « Ceppo » (sulle scarpate di terrazzi morfologici). 11 = Alluvioni villafranchiane (sulle scarpate di terrazzi morfologici). 12 = Terrazzi morfologici. 13 = Conoidi di deiezione del Fluviale-Würm. 14 = Linea dei fontanili.

Figura 5 - Ricostruzione schematica morfologica

Infatti, l'azione di deposito ed erosione connessa al susseguirsi delle glaciazioni, ha determinato l'accumulo, su un vasto territorio, di materiale alluvionale al di sopra dei depositi quaternari, nascondendo e cancellando le strutture che li caratterizzavano.
In particolare, i principali eventi glaciali quaternari, unitamente all'attività neotettonica ed a complessi fenomeni morfoclimatici, hanno determinato l'andamento dei corsi d'acqua, responsabili della deposizione dei sedimenti costituenti la pianura. L'azione combinata di questi fenomeni ha prodotto, inoltre, lo smantellamento dei depositi alluvionali e fluvioglaciali al termine di ogni fase di sedimentazione e la loro rideposizione.
L'area è caratterizzata dalla sostanziale assenza di strutture geomorfologiche naturali di entità rilevabile. Infatti il territorio in cui si inserisce si presenta per lo più monotono pianeggiante, con deboli pendenze dell'ordine del 1-5 per mille verso sud.
Il principale corso d'acqua naturale che lambisce l'area ad Est, scorrendo da nord-nordovest a sud-sudest è il Ticino mentre i corsi d'acqua artificiali principali sono rappresentati dal Canale Villoresi che unisce - a nord di Milano - il Ticino all'Adda.
Il territorio di studio, come detto, fa parte di una delle maggiori unità morfologiche d'Italia, caratterizzata da fenomeni di subsidenza differenziata attivi fin dall'oligocene che si sono manifestati con particolare intensità durante il Pliocene e il Pleistocene. In superficie sono presenti depositi prevalentemente continentali del Pleistocene medio-superiore e dell'Olocene: generalmente di origine fluviale; glaciale e fluvioglaciale nella parte prealpina.
Gli elementi stratigrafici e tettonici emersi in occasione delle ricerche di idrocarburi durante l'ultimo trentennio permettono di tracciare un quadro generale sufficientemente definito -anche se necessariamente schematico- delle caratteristiche geologiche del sottosuolo del territorio fino alla profondità di qualche chilometro.

Figura 6 - Estratto della Carta Tecnica Regionale - Volo 1994

- Il Pliocene, in facies argillosa, sabbiosa e talvolta conglomeratica, sovrapposto in trasgressione alle formazioni geologiche precedenti, affiora lungo i bordi della Pianura Padana in modo discontinuo e con spessori modesti al bordo alpino, in corrispondenza di alcune incisioni fluviali. Nel sottosuolo i depositi pliocenici possono suddividersi secondo due motivi strutturali diversi:

A nord una monoclinale che partendo dagli affioramenti pedealpini si immerge verso S con angolo di pochi gradi e spessori crescenti fino a circa 2.000 m.

A Sud una successione di pieghe anticlinaliche (alti strutturali) e sinclinaliche (zone subsidenti) talora fagliate, allungate in direzione WNW.

I depositi pliocenici raggiungono spessori anche di 4.000 m nelle zone subsidenti più depresse.

- Il Pleistocene inferiore marino, in massima parte riferibile al Calabriano, è esteso su quasi tutta la pianura e ripete grosso modo il motivo strutturale descritto per il Pliocene.

In linea di massima si tratta di depositi marini siltoso-argillosi alla base e sabbiosi al tetto. La presenza di vari livelli torbosi nella parte sommitale del Pleistocene inferiore indica probabilmente il verificarsi di ripetuti passaggi da un ambiente marino a un ambiente continentale o di transizione al continentale per successive ingressioni e regressioni marine.

- Il Pleistocene medio-superiore è prevalentemente caratterizzato da depositi continentali (glaciali, fluvioglaciali, eolici, fluviali) anche se non mancano episodi marini. Grossi anfiteatri morenici, sopraelevati anche più di una cinquantina di metri sulla pianura antistante -attribuibili nella quasi totalità al Mindel, Riss e Wurm- sono posti alla base del versante alpino in corrispondenza delle principali valli (Ticino, Adda, Olona). Depositi morenici di più modeste dimensioni si trovano presso lo sbocco in pianura di altre incisioni fluviali.

L'alta pianura che si sviluppa lungo il bordo alpino su una fascia variabile da 10 a 30 chilometri è formata da ampie e piatte conoidi fluvio-glaciali, raccordate verso monte con gli archi morenici, che si sono depositate durante le successive fasi interglaciali. Le conoidi più recenti sono incassate e sovrapposte alle più antiche.. Nel settore pedemontano le conoidi sono costituite prevalentemente da ciottoli arrotondati di rocce sedimentarie e magmatiche del diametro massimo di una decina di centimetri, con intercalazioni non molto frequenti di lenti e di livelli siltosi, sabbiosi e argillosi.

Verso valle invece la componente fine e finissima aumenta gradualmente fino a divenire predominante e infine quasi esclusiva.

I depositi alluvionali che occupano la maggior estensione della pianura lombarda costituiscono il cosidetto "livello fondamentale della pianura". Loro caratteristica morfologica principale è una struttura a conoidi appiattite, parzialmente sovrapposte e disposte a ventaglio, prodotte dall'azione deposizionale dei corsi d'acqua post-glaciali.

I depositi diluviali più recenti si distinguono dai più antichi soprattutto per le diverse caratteristiche geomorfologiche. Essi di fatto sono distribuiti in un unico livello debolmente inclinato verso il Po, interrotto dalle incisioni dei corsi d'acqua attuali coi relativi materassi alluvionali. Lo stato superficiale di alterazione non supera generalmente il metro.

I terreni diluviali recenti mostrano due distinte "facies": una, fluvioglaciale, sviluppata dove la media e l'alta pianura si raccordano con le cerchie moreniche (rappresentata da alluvioni grossolane con, morenico fangoso di fondo e argille lacustri); l'altra, fluviale, nella quale prevalgono le granulometrie fini e finissime, è tipica della bassa pianura a valle della zona dei fontanili.

Sulla base dei rapporti strutturali e sull'analisi delle sequenze stratigrafiche, le formazioni affioranti possono essere distinte in:

DEPOSITI ALLUVIONALI DA EECENTI AD ATTUALI (A)

DEFINIZIONE:

Terreni a composizione variabile con ciottoli, ghiaie e/o sabbie prevalenti intercalate a rari livelli più limoso – argillosi. Formano i depositi di fondovalle degli alvei attuali e/o dei paleoalvei più recenti.

AREA DI AFFIORAMENTO

L'unità affiora in tutto il territorio considerato lungo le aste dei fiumi attualmente attivi (Ticino).

MORFOLOGIA

La morfologia di questa unità è ben espressa nelle piane fluviali di maggiori dimensioni.

FLUVIO – GLACIALE TARDO WURMIANO – ALLUVIONI ANTICHE (FGW)

DEFINIZIONE

Costituito da depositi ghiaioso – sabbiosi e ciottolosi appartenenti al livello fondamentale della pianura (Diluvium inferiore). I depositi wurmiani, costituiti da materiale fluvioglaciale proveniente dallo smantellamento delle cerchie moreniche poste a nord, hanno determinato il riempimento dei solchi incisi durante la fase interglaciale Riss-Wurm nel settore dell'alta pianura, mentre nella media pianura hanno ricoperto integralmente i depositi Rissiani, nascondendone completamente le strutture che li caratterizzavano.

Tali depositi sono caratterizzati dal punto di vista geologico da ghiaie e sabbie in matrice fine con locali intercalazioni lenticolari di argilla. Costituiscono il cosidetto "livello fondamentale della pianura". La variazione granulometrica che caratterizza questi depositi testimonia la riduzione dell'agente di trasporto ed erosione; procedendo da nord verso sud infatti si osserva in tale direzione un aumento della componente sabbiosa a discapito della ghiaia.

AREA DI AFFIORAMENTO

E' presente in tutta la porzione orientale del territorio comunale.

DEPOSITI FLUVIO – GLACIALI DEL WURM S.L. (FGW – R)

DEFINIZIONE

Costituita da depositi eterogenei costituiti superiormente da sabbie e limi passanti a depositi di ciottoli, ghiaie e sabbie intercalati a livelli o lenti limoso – argillose.

SUPERFICI LIMITE E RAPPORTI STRATIGRAFICI

Lo strato d'alterazione superficiale, di entità generalmente limitata è stato oggetto di consistenti interventi antropici. Il passaggio tra suolo rimaneggiato e naturale si ha intorno a 1/2 metri. Si differenziano dall'unità precedente per la presenza di un più consistente strato di alterazione e per la presenza di un leggero gradino morfologico che talora può essere obliterato dall'intervento umano

LITOLOGIA

Le aree d'affioramento costituiscono estese spianate che si allungano da nord a sud assottigliandosi a meridione. La loro configurazione può essere paragonata a quella di vere e proprie penisole sopraelevate rispetto al livello principale della pianura, collegate a nord con le maggiori cerchie moreniche esterne. Sovente i depositi del Diluvium medio si appoggiano ai lati dei più alti terrazzi del Diluvium antico formando un gradino intermedio tra questi ed il Diluvium recente.

I tratti morfologici essenziali dei ripiani terrazzati del Diluvium medio sono i seguenti:

- configurazione superficiale piuttosto piatta e uniforme,
- leggera pendenza verso sud,
- posizione altimetrica tra i pianalti del Diluvium antico e il livello principale della pianura (Diluvium recente).

Il passaggio dai pianalti del Diluvium medio a quelli del Diluvium antico e del Diluvium recente si realizza spesso attraverso un piano inclinato talora appena percettibile, soprattutto in corrispondenza dei lembi meridionali.

La superficie del Diluvium medio è piatta e uniforme in contrasto con quella dei pianalti più antichi sempre leggermente ondulata. Rispetto a quelli, inoltre, s'immerge a sud con

una pendenza leggermente inferiore, ma superiore a quella del livello principale della pianura.

Da un punto di vista litologico il Diluvium medio è un deposito di natura essenzialmente ghiaiosa. Si tratta di ghiaie d'origine fluvioglaciale coperte da uno strato superficiale di natura limoso-argillosa *(loess).* Il contatto tra questo e le ghiaie sottostanti è brusco e talora di tipo erosionale.

Le ghiaie sono formate soprattutto da ciottoli di rocce cristalline: prevalgono graniti, dioriti, porfidi quarziferi, porfiriti, gneiss micacei, quarziti, meno frequenti le filladi ed i micascisti; molto scarsi i calcari.

I ciottoli sono inclusi in una matrice argilloso-sabbiosa. L'argilla, che conferisce talora al deposito una colorazione giallo-marroncina, è stata probabilmente trasportata dalla superficie fino a notevole profondità dalle acque di percolazione. I ciottoli, molto arrotondati, hanno dimensioni varie, ma inferiori a quelle del Diluvium antico; il loro diametro supera raramente i 10 cm.

Lo strato superficiale è costituito da limi argillosi, notevolmente omogenei e ad elevato grado d'assortimento. Il loro spessore si aggira nella maggior parte dei casi attorno al metro; non mancano però accumuli più potenti dovuti alle acque di dilavamento specialmente dove i terrazzi si addossano alle scarpate di quelli più antichi. Il passaggio dallo strato superficiale alle ghiaie pressoché inalterate è più rapido che nel Diluvium antico (20-30 cm). Di frequente l'alterazione dei ciottoli interessa solo la loro parte più esterna.

Lo spessore del Diluvium medio può essere determinato solo con le perforazioni poiché non affiora la sua base. Essa peraltro o sposa le irregolarità del sottostante conglomerato poligenico, o si appoggia ai depositi per vari aspetti simili del Diluvium antico.

AREA DI AFFIORAMENTO

L'Unità affiora nella parte occidentale del territorio comunale.

2.3.3 Elementi geomorfologici

Il modellamento del territorio è influenzato dall'interazione fra i processi di alterazione meccanica e chimica e quelli di erosione e trasporto dei detriti; l'intensità dello stesso sarà condizionata quindi dalla combinazione dei caratteri litologici con i sistemi geomorfici. E' noto che, mentre i processi di degradazione tendono a diminuire le resistenze della roccia in posto, predisponendola al trasporto verso valle tramite la forza di gravità o l'azione delle acque superficiali, i processi di denudazione, che sono dovuti all'azione meccanica delle acque che ruscellano in superficie, ed ai movimenti di massa, tendono ad erodere le rocce in situ trasportando i detriti a valle.
Nella realizzazione della carta geomorfologica il lavoro si è articolato in due fasi. Nella prima sono state analizzate gli studi condotti sull'area in esame, in modo di avere una visione globale dell'area ed evidenziare i principali eventi morfogenetici, cui è seguito il rilevamento di campagna che ha consentito di verificare e completare il lavoro svolto con l'inserimento di quegli elementi mal individuabili.
I fenomeni riconosciuti sono stati poi ulteriormente sudditi in inattivi, quelli avvenuti in condizioni climatiche e morfoevolutive diverse dalle attuali, quiescenti (i processi avvenuti in situazioni simili) ed attivi.
Tra questi vale la pena ricordare:

Aree soggette a fenomeni di degradazione del versante

Pur essendo un territorio prettamente pianeggiante, nella porzione nord occidentale del Comune, esistono degli elementi morfologici (scarpate – terrazzi fluviali) che sono soggetti a fenomeni di degradazione ed alterazione quali soliflusso, erosione concentrata etc. Si tratta comunque di fenomeni limitati realmente e non particolarmente significativi in termini volumetrici.

Aree soggette ad azione fluviale

L'erosione fluviale è un processo morfodinamico presente nella zona in corrispondenza della Valle del Ticino ed in quella dell'Arno. Quest'ultimo si trova a scorrere arginato

con un profilo di base prossimo alla quota della pianura circostante. Durante eventi meteorologici particolarmente intensi, il livello si innalza con conseguente straripamento ed allagamento delle pianure circostanti.

Aree soggette ad azione antropica

Anche il territorio comunale di Ferno è stato soggetto all'azione modificatrice umana, caratterizzata da una prima fase, in cui sono state operate modificazioni ed obliterazioni delle forme presenti, ed una successiva in cui le aree verdi ed agricole sono state abbandonate contemporaneamente alle pratiche colturali.

Descriviamo ora singolarmente i diversi elementi morfologici riscontrati sul territorio e rappresentati conformemente alla *Legenda e colori di riferimento per la predisposizione delle carte geomorfologiche (modificata da G.B. Pellegrini et alii 1993)* :

- PICCOLO FENOMENO FRANOSO NON CARTOGRAFABILE SINGOLARMENTE:

Vengono rappresentati in questa categoria, piccoli dissesti di qualsiasi natura, non cartografabili in modo più dettagliato a causa delle ridotte dimensioni.

- ORLO DI SCARPATA DI EROSIONE FLUVIALE:

Si riuniscono in questa categoria gradini morfologici creati e modificati da corsi d'acqua. Evidenti lungo la vallata del Ticino, presentano altezze di oltre dieci metri.

- TERRAZZI DI ORIGINE FLUVIALE E FLUVIO – GLACIALE STABILIZZATI:

Elementi caratterizzanti della geologia dell'area, forniscono informazioni di tipo litostratigrafico e genetico.

- ALVEO CON TENDENZA ALL'APPROFONDIMENTO – SOLCO DI EROSIONE CONCENTRATO:

Tipico aspetto dell'azione modificatrice delle acque, si evidenzia durante periodi di piena con elevato trasporto solido.

- AREE SOGGETTE AD ESONDAZIONI ORDINARIE, STRAORDINARIE O ECCEZIONALI:

In questa categoria sono rappresentate le aree individuate come esondabili in base allo studio idraulico eseguito dall'Ing. Bai in collaborazione con lo studio GEDA.

- ORLO DI SCARPATA ARTIFICIALE:

In questa categoria sono raggruppati gradini morfologici creati e modificati dall'uomo.

- AREE DI CAVA:

La zona è stata storicamente sede di diverse cave. Nella legenda sono state distinte quelle attive/quiescenti da quelle già soggette ma talvolta riempite.

- DISCARICHE INERTI E/O RSU:

La cartografia redatta dallo studio GEDA nel 1995 e la raccolta di informazioni in loco ha permesso di individuare aree in cui sono avvenuti depositi limitati di inerti e/o rifiuti solidi urbani. Anche al fine di caratterizzare i terreni presenti nell'intorno sono stati rappresentati cartograficamente.

2.3.4 Elementi litologici

Le formazioni geologiche descritte precedentemente possono essere suddivise e raggruppate secondo le litologie presenti.

- SABBIE E LIMI TERRAZZATI:

Rappresentano il terrazzo più elevato ed antico prodotto dall'alterazione dei sottostanti depositi ghiaioso-sabbiosi del fluvioglaciale wurmiano s.l.

- CIOTTOLI, GHIAIE E SABBIE:

Costituiscono il livello fondamentale della pianura. Caratterizzati da un addensamento inferiore ai soprastanti, presentano una successione di livelli ora a maggiore ora a minore granulometria. Sono attribuibili ai depositi tardo wurmiani ed alle alluvioni antiche

- CIOTTOLI, GHIAIE E SABBIE SENZA STRATO DI ALTERAZIONE E/O SUOLO:

Alluvioni recenti ed attuali sono ubicati lungo la Valle del Ticino.

2.3.5 Elementi geopedologici

Per completare il quadro rappresentativo dell'area, sono state cartografate le unità podologiche presenti in base alle categorie individuate nella pubblicazione dell'ERSAL del 1992.

Abbiamo così:

U – Zone Urbanizzate;

C – Cave attive e/o dimesse;

TERRAZZI RILEVATI COSTITUITI DA MATERIALI MEDIAMENTE ALTERATI (Materiali fini probabilmente di origine eolica)

1 – Suoli molto profondi, acidi a drenaggio buono;

2 – Suoli molto profondi, da molto acidi ad acidi a drenaggio mediocre-buono;

3 – Suoli profondi, da molto acidi ad acidi a drenaggio buono;

PIANA FLUVIO – GLACIALE DEL LIVELLO FONDAMENTALE DELLA PIANURA (Aree pianeggianti a sedimenti sabbioso - ciottolosi)

4 – Suoli profondi a tessitura grossolana, sub-acidi a drenaggio rapido-buono;

5 – Suoli a profondità e drenaggio molto variabile;

6 – Suoli moderatamente profondi, limitati da substrato sabbioso molto pietroso;

7 – Suoli molto profondi a tessitura media, sub-acidi a drenaggio buono-mediocre;

8 – Suoli moderatamente profondi consociazione a varie caratteristiche, a bosco;

9 – Suoli sottili, consociazione limitata da substrato sabbioso limoso pietroso;

VALLI FLUVIALI E PIANI DI DIVAGAZIONE DELLE ACQUE E TERRAZZI (Valle del Ticino e suoi affluenti, aree terrazzate intermedie fra questi ed il livello fondamentale della pianura)

10 – Terrazzi di erosione dei livelli più elevati, ondulati;

11 – Terrazzi di erosione del livello più basso, suoli sottili;

12 – Alluvioni terrazzate, debolmente ondulate, costituite da materiale sabbioso;

13 – Scarpate ed incisioni a pendenze molto elevate, suoli molto sottili;

PIANA ALLUVIONALE A DEPOSITI PREVALENTI (a ridosso degli alvei attuali, a circa 2-10 m sopra il livello del fiume)

14 – Suoli molto sottili, debolmente ondulati, aree di ex marcite o bonifiche;

15 – Aree molto prossime all'asta fluviale, con suoli assenti o molto sottili

Al fine di completare il quadro informativo, riportiamo in sintesi anche i risultati degli studi pubblicati recentemente da ERSAF in "*Suoli e paesaggi delle Provincia di Como, Lecco e Varese*".

In questo studio la Regione Lombardia e l'Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste (ERSAF), che nel frattempo ha ereditato l'attività e le competenze in campo pedologico dell'ERSAL, hanno elaborato un documento dedicata ai **suoli della pianura e della collina lombarda**. I dati e le cartografie e le conoscenze sono state aggiornate all'anno 2000 ed ulteriormente approfondite e perfezionate rispetto al passato, sia per contenuto informativo che per coerenza e congruenza con gli altri tematismi del Sistema Informativo Territoriale (SIT) regionale.

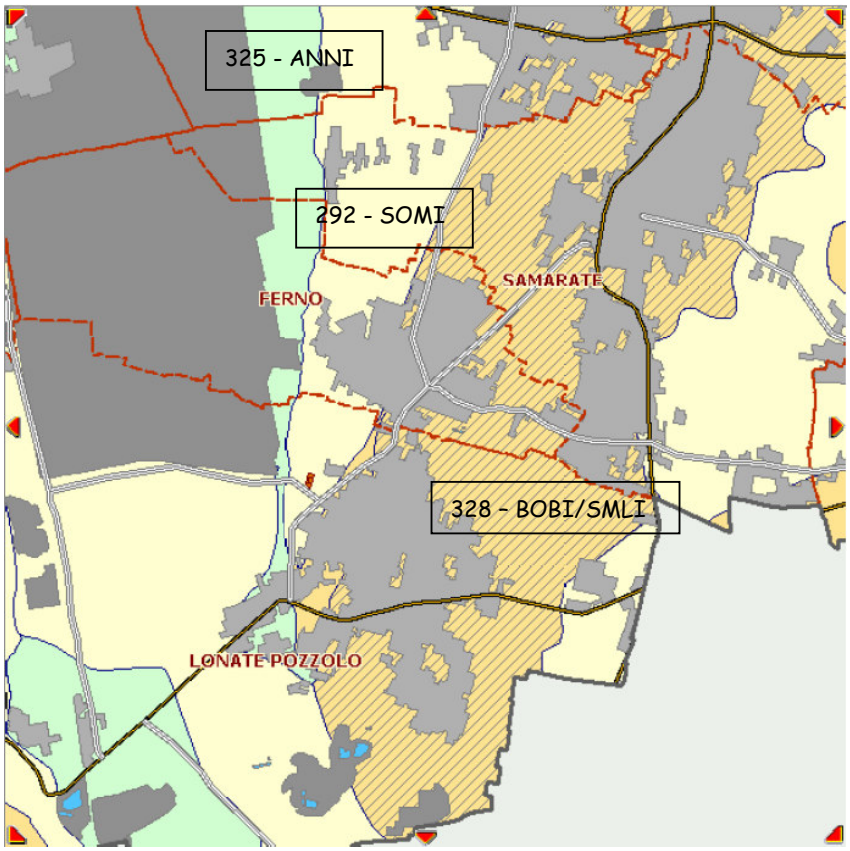


Figura 7 - Estratto "Suoli e paesaggi delle Provincia di Como, Lecco e Varese". ERSAF

Riportiamo di seguito la descrizione delle unità cartografate:

Unità Cartografica	328 - ROB1/SML1
Tipo UC	Complesso (CO)
Componenti	ROB1 SML1

Descrizione UC

L'unità è formata da 2 delineazioni; la superficie complessiva è di 7453 ettari. E' presente sulle superfici pianeggianti o lievemente ondulate dell'alta pianura ghiaiosa con quota media di 199 m. slm e pendenza media del 0,4%; si ritrovano, tra l'altro, ad Ovest della valle dell'Olona. Si sono formati su substrato ghiaioso e ciottoloso con matrice sabbiosa-limosa non calcareo. La destinazione d'uso del suolo risulta essere il seminativo o il prato permanente; nella fase a con drenaggio peggiore (moderatamente rapido) prevalgono formazioni vegetali degradate prevalentemente costituite da bosco ceduo di robinia. I suoli ROB1 sono poco profondi limitati da orizzonti sabbiosi a scheletro abbondante, tessitura moderatamente grossolana, scheletro frequente fino a 60 cm, abbondante al di sotto, subacidi, saturazione molto bassa, CSC media, AWC bassa, con drenaggio moderatamente rapido e permeabilità moderata; i suoli SML1 sono sottili limitati da substrato sabbioso-scheletrico, a tessitura moderatamente grossolana con scheletro frequente in superficie e grossolana in profondità con scheletro molto abbondante, reazione neutra, subacida in superficie, saturazione bassa, con CSC bassa in superficie e molto bassa in profondità, AWC molto bassa, con drenaggio moderatamente rapido e permeabilità moderatamente elevata.

Pedopaesaggio

Sistema	L
Sotto Sistema	LG
Unità	LG1

Interpretazioni pedologiche

	ROB1	SML1
Capacità d'uso	3 - Suoli adatti all'agricoltura, limitazioni severe	4 - Suoli adatti all'agricoltura, limitazioni molto severe
Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici	Suoli adatti con lievi limitazioni	Suoli adatti con moderate limitazioni
Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione	Suoli adatti con moderate limitazioni	Suoli non adatti
Capacità protettiva per le acque sotterranee	Moderata	Bassa
Capacità protettiva per le acque superficiali	Elevata	Elevata
Valore naturalistico	Basso	Basso
Carbonio organico del primo orizzonte	sufficientemente dotato	povero
Scheletro del primo metro	abbondante	molto abbondante
Profondità utile	poco profondi	sottili

Unità Cartografica	325 - ANN1
Tipo UC	Consociazione (CN)
Componenti	ANN1

Descrizione UC

L'unità è formata da 5 delineazioni; la superficie complessiva è di 2400 ettari. Il pedopaesaggio è quello della superficie rappresentativa dell'alta pianura ghiaiosa su superficie a morfologia subpianeggiante, con quota media di 226 m. slm e pendenza media del 0,6%, con suoli sviluppatisi su depositi fluvioglaciali ghiaiosi-sabbiosi ricoperti da sabbie e limi di probabile origine eolica. L'uso del suolo prevalente è il prato permanente asciutto. I suoli ANN1 sono molto profondi, a tessitura moderatamente grossolana o media, neutri in superficie e debolmente acidi in profondità, saturazione bassa, CSC media, AWC moderata, con drenaggio moderatamente rapido e permeabilità moderatamente elevata.

Pedopaesaggio

Sistema	L
Sotto Sistema	LG
Unità	LG1

Interpretazioni pedologiche

	ANN1
Capacità d'uso	2 - Suoli adatti all'agricoltura, limitazioni moderate
Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici	Suoli adatti con lievi limitazioni
Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione	Suoli adatti con lievi limitazioni
Capacità protettiva per le acque sotterranee	Bassa
Capacità protettiva per le acque superficiali	Elevata
Valore naturalistico	Medio
Carbonio organico del primo orizzonte	ben dotato
Scheletro del primo metro	assente
Profondità utile	molto profondi

Unità Cartografica	292 - SOM1
Tipo UC	Consociazione (CN)
Componenti	SOM1

Descrizione UC

L'unità è formata da 5 delineazioni; la superficie complessiva è di 1512 ettari. Il pedopaesaggio è quello delle superfici modali e meglio conservate dei terrazzi rissiani caratterizzate da una morfologia subpianeggiante o ondulata, con quota media di 303 m. slm e pendenza media del 0,8% con suoli sviluppatisi su substrati ciottolosi a matrice sabbioso-limosa. L'uso del suolo prevalente è costituito dai seminativi avvicendati. I suoli SOM1 sono molto profondi con scheletro frequente, con tessitura media, reazione subacida, saturazione molto bassa, AWC alta, drenaggio buono e permeabilità moderata.

Pedopaesaggio

Sistema	R
Sotto Sistema	RI
Unità	RI1

Interpretazioni pedologiche

	SOM1
Capacità d'uso	3 - Suoli adatti all'agricoltura, limitazioni severe
Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici	Suoli adatti senza limitazioni
Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione	Suoli adatti con moderate limitazioni
Capacità protettiva per le acque sotterranee	Moderata
Capacità protettiva per le acque superficiali	Elevata
Valore naturalistico	Basso
Carbonio organico del primo orizzonte	sufficientemente dotato
Scheletro del primo metro	comune
Profondità utile	molto profondi

2.4 – I CARATTERI IDROGRAFICI

I principali elementi idrografici presenti nell'area di studio ed in un significativo intorno, sono rappresentati dal Torrente Arno e dal Fiume Ticino. Il primo, che costituisce la principale asta fluviale, ha un regime perenne con andamento sinuoso tipico dei corsi d'acqua impostati su superfici topografiche a debole pendenza e scorre nella parte sud orientale per circa 900 metri.
Il Fiume Ticino infatti, che occupa la porzione occidentale del territorio, non influenza con le sue dinamiche fluviali l'area. Sono assenti corsi d'acqua anche minori a causa sia delle ridotte pendenze presenti, sia dell'elevata permeabilità dei terreni che non consentono l'accumulo di acqua.
Da un punto di vista amministrativo, tutti i corsi d'acqua presenti sul territorio comunale appartengono a quello che, alla luce della L.R. 1/00, è definito Reticolo idrografico principale.

2.4.1 – Il Torrente Arno

Il torrente Arno nasce nel territorio del Comune di Gazzada Schianno e scende in direzione pressoché Nord – Sud, attraversa Gallarate, ricevendo la Roggia Sorgiorile e dopo aver attraversato i Comuni di Cardano al Campo, Somarate, Ferno, Lonate Pozzolo e Vanzaghello spaglia nelle campagne di Castano Primo e Nosate.
Per quanto riguarda le caratteristiche idrauliche del Torrente, possiamo suddividerle in due parti. La zona montuoso collinare fino ad Albizzate, caratterizzata dalla presenza di un reticolo idraulico ben sviluppato con numerosi affluenti. In questa area le portate sono pulsanti con oscillazioni consistenti fra i periodi asciutti e quelli piovosi.
Nella zona di valle invece, la permeabilità del terreno non ha consentito lo sviluppo di una significativa rete idrografica e pertanto il Torrente diventa una specie di canale arginato.
Dopo l'abitato di Gallarate, entra nel territorio di Somarate con una riduzione della sezione idrica di circa il 30%. A valle dell'abitato di Verghera, entra nella zona di

campagna del Comune di Ferno, lambendo l'abitato di San Macario, Lonate e Sant'Antonino Ticino.

Bacino principale	Bacini affluenti	Superficie (kmq)	%
Torrente Arno		20.35	38.5
	Torrente Scirona	3.71	7.0
	Riale della Trenca	1.31	2.5
	Torrente Riale	2.79	5.3
	Riale di Oggiona – Carnago	2.39	4.5
	Fosso Tenore	3.83	7.2
	Roggia Sorgiorile	18.54	35.0
	TOTALE	52.92	100.0

Tabella 2 - Dati dimensionali Bacino Torrente Arno

Questa zona è caratterizzata da un andamento con lunghi tratti rettilinei e brusche curve a 90°. Questa zona è caratterizzata prima da una completa arginatura con rivestimento in massi sui due lati e poi dalla presenza di rivestimento solo su uno di essi. Si osserva contemporaneamente un aumento delle sezioni fluviali.

Le scadenti caratteristiche costruttive di questi argini, e la debole differenza altimetrica tra la pianura circostante e la superficie di scorrimento del Torrente, hanno determinato periodici eventi alluvionali.

Per quanto riguarda la determinazione delle aree esondabili si fa riferimento allo studio redatto dalla GEDA s.n.c, nel Novembre 2002 con lo "*Studio geologico ed Idrogeologico per la ridefinizione e regolamentazione di aree soggette a P.A.I.*" *allegato in copia alla presente*

2.4.1 – Le aree di esondazione secondo il PAI

Con la predisposizione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Po, l'Autorità di Bacino ha elaborato un documento guida con il quale ha suddiviso il territorio a margine dei principali corsi d'acqua in vari ambiti definiti come A, B e C (art. 28).

La **fascia di deflusso della piena (Fascia A)**, è costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente del deflusso della corrente per la piena di riferimento e/o dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena.

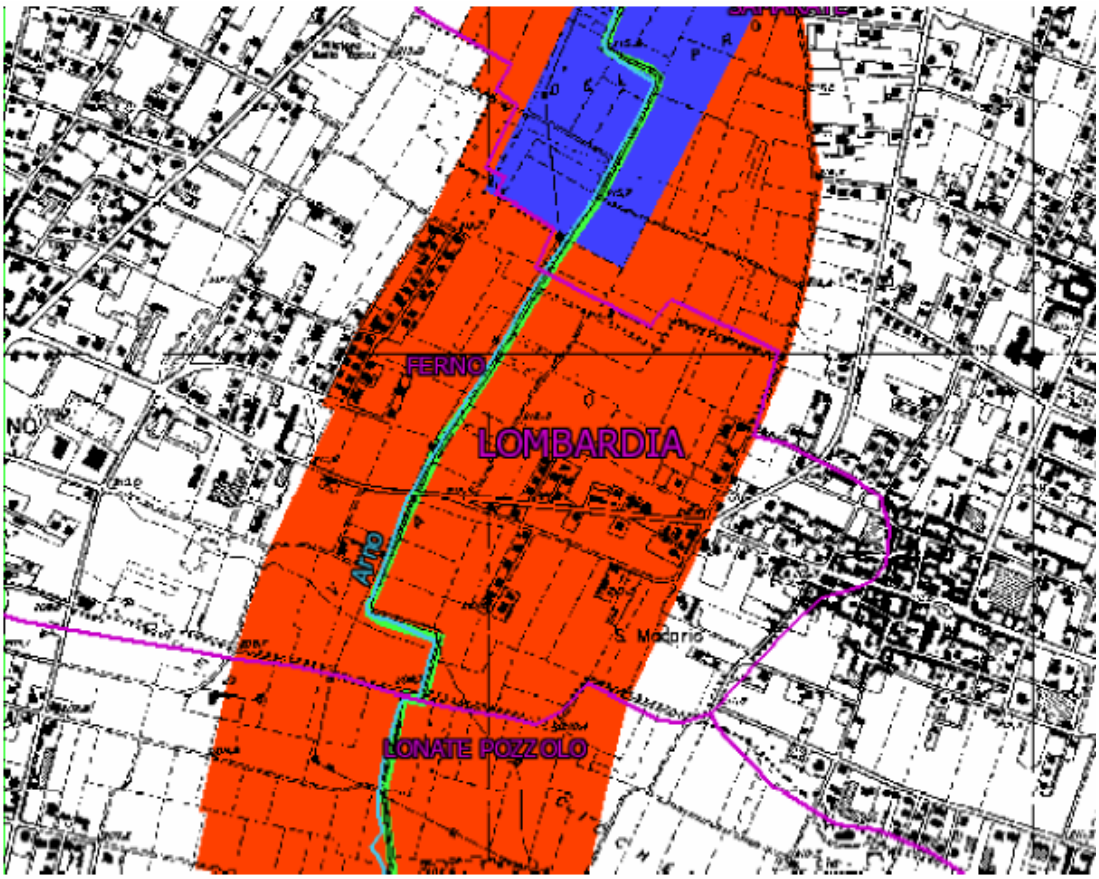


Figura 8 - Estratto PAI - Torrente Arno

La **fascia di esondazione (Fascia B),** esterna alla precedente, è costituita dalla porzione di territorio interessata da inondazione al verificarsi della piena di riferimento. Il limite di tale fascia si estende fino al punto in cui, le quote naturali del terreno, sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento, oppure sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di

contenimento). Il Piano prevede con apposito segno grafico, denominato "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C", le opere idrauliche programmate per la difesa del territorio. Quando tali opere saranno realizzate, i confini della Fascia B si intenderanno definiti dal tracciato dell'opera idraulica eseguita.

L'area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C), è costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quella di riferimento.

Per definire l'ammissibilità degli interventi edilizi, deve essere verificata l'appartenenza dell'area oggetto di intervento, agli ambiti A, B e C, così come definiti dal PAI, adiacenti ai corsi d'acqua;

2.4.3 Tipologia degli eventi di piena

Gli eventi di piena sono il risultato dell'interazione tra gli eventi meteorici e le condizioni del bacino imbrifero. Le loro caratteristiche quindi dipendono dalle caratteristiche dell'afflusso meteorico e da quelle della trasformazione afflussi-deflussi.

Le caratteristiche fondamentali dell'afflusso meteorico sono date sostanzialmente dalla distribuzione spazio - temporale della precipitazione. Poiché il tener conto della variabilità delle precipitazioni nello spazio e nel tempo è causa di un notevole appesantimento dei calcoli, si cerca nei limiti del possibile di semplificare la descrizione dell'evento di pioggia, riducendola all'assegnazione dello ietogramma che fornisce l'andamento temporale dell'altezza di pioggia media sul bacino (o altezza di pioggia ragguagliata). La descrizione della pioggia ragguagliata si può ulteriormente semplificare, assegnando le altezze di pioggia massime corrispondenti a un certo numero di durate, opportunamente scelte. La semplificazione estrema consiste infine nell'assegnare semplicemente la durata e l'altezza totale della pioggia ragguagliata.

Le caratteristiche fondamentali della trasformazione afflussi - deflussi coincidono con le principali caratteristiche del bacino: area, rilievo, caratteristiche del suolo, stato della copertura vegetale, caratteristiche della rete idrografica.

Tra le caratteristiche del suolo è importantissima la capacità di infiltrazione, che a sua volta dipende sia dalla permeabilità, sia dal contenuto in acqua del suolo dovuto alle precipitazioni antecedenti. Dalla capacità di infiltrazione dipendono le perdite del bacino, e quindi anche la quantità d'acqua (di scorrimento veloce, generalmente coincidente con quello superficiale) che provoca la piena della rete idrografica.

Le condizioni del bacino variano in dipendenza della stagione, e dell'andamento delle precipitazioni nel periodo che precede l'evento considerato. La loro variabilità però è decisamente minore della variabilità delle precipitazioni: in due o tre giorni nel corso di un evento meteorico molto intenso, l'altezza di precipitazione può uguagliare l'altezza di precipitazione mediamente osservata in uno o due mesi.

E' del resto nozione comune che la straordinarietà degli eventi di piena sia dovuta alla straordinarietà degli eventi di pioggia.

Una classificazione degli eventi di piena si può dunque ricondurre a una classificazione degli eventi di pioggia che si rivelano critici per il bacino considerato.

Le caratteristiche del bacino (l'area, sopratutto) determinano in modo decisivo le durate da prendere in considerazione per individuare le piogge critiche, cioè capaci di produrre le piene che mettono a prova la capacità della rete idrografica (o, più in generale, della rete di drenaggio) di smaltire le portate.

Affinché non si abbiano esondazioni, la portata massima Q prodotta dall'evento non deve superare in nessuna sezione della rete la portata massima (o portata critica) Q, che corrisponde alla minima altezza d'acqua ammessa nell'alveo. (Ovviamente Q e Q, dipendono dalla sezione considerata.) Quando il grado di rarità dell'evento è abbastanza basso la rete risulta sempre sufficiente, cioè in grado di smaltire l'afflusso meteorico, quale che sia la durata della precipitazione (che, come è noto, è tanto più intensa, a parità di rarità dell'evento, quanto minore è la durata), perché la portata massima Q prodotta dall'evento di pioggia è sempre inferiore alla portata massima Q, caratteristica della sezione. Quando invece il grado di rarità dell'evento è abbastanza elevato, la rete risulta sufficiente o insufficiente a seconda della durata della precipitazione. Per durate brevi l'aumento dell'intensità media della precipitazione corrispondente alla diminuzione della durata non basta a compensare la diminuzione del

volume dell'afflusso: la sezione tende bensì a riempirsi velocemente, perché la portata di afflusso supera di molto quella di deflusso, ma la precipitazione cessa prima che si sia raggiunto il grado di riempimento a cui corrisponde la portata critica. Per durate lunghe, invece, l'aumento del valore dell'afflusso non è sufficiente a compensare la diminuzione dell'intensità media della precipitazione: la rete tende a riempirsi lentamente, perché la portata di afflusso supera solo di poco quella di deflusso, e la precipitazione cessa prima che nella rete si sia raggiunto il massimo riempimento possibile.

Al diminuire del grado di intensità dell'evento il campo di durate per cui la rete si dimostra insufficiente si restringe, finche per un certo grado di intensità la rete risulta al limite dell'insufficienza per una sola durata, che si indica normalmente come *durata critica*.

Le considerazioni sopra esposte si basano su una semplificazione estrema dello ietogramma della pioggia ragguagliata (la cui intensità si assume costante nel tempo). In realtà le cose vanno abbastanza diversamente. (Tra l'altro occorre ricordare che, a parità di rarità, la pioggia ragguagliata decresce, a parità di regime pluviometrico, al crescere dell'area del bacino). Il risultato resta comunque approssimativamente valido: esiste un certo campo di valori della durata di pioggia (se non proprio una durata specifica) che è determinante al fine della possibilità di una piena. Nello studio delle piene occorre prendere in considerazione le precipitazioni estreme di durata compresa in quel campo.

La durata critica (definita come una durata precisa, nonostante quanto appena detto) si identifica tradizionalmente con il tempo di corrivazione del bacino, cioè con il tempo impiegato da una goccia d'acqua per raggiungere la sezione di chiusura partendo dal punto del bacino idraulicamente più lontano. L'identificazione non è a rigore corretta: anche volendo trascurare il fatto che l'intensità della pioggia non è uniforme nello spazio né costante nel tempo e che le condizioni del bacino variano da un evento all'altro, e anche a volerla definire come una certa durata precisa, la durata critica può risultare minore o maggiore del tempo di corrivazione. Tenendo però conto che la durata critica e il tempo di corrivazione non risultano poi tra loro molto lontani, e che le portate al

colmo variano abbastanza poco, anche al variare della durata entro limiti considerevoli, l'identificazione della durata critica con il tempo di corrivazione si può considerare accettabile.

Naturalmente occorre ricordare che anche le condizioni del bacino rivestono un ruolo importante nella formazione delle piene. La condizione più importante da questo punto di vista è il contenuto in acqua del terreno, che a sua volta dipende dalle precipitazioni precedenti.

Alla luce di tutte le considerazioni sopra riportate, comunque, appare ragionevole assumere la durata della precipitazione come l'elemento su cui fondare una semplice classificazione degli eventi di piena.

Come si è visto, la durata critica si può molto approssimativamente identificare con il tempo di corrivazione del bacino. A sua volta il tempo di corrivazione dipende largamente dall'area. E quindi allarga si può fare riferimento, come è del resto intuitivo, per una prima suddivisione dei bacini, finalizzata a definire la tipologia degli eventi di piena

Da questo punto di vista i bacini della provincia di Varese si possono suddividere in tre categorie: bacini piccoli, con area fino a poche centinaia di ettari; bacini medi con area dell'ordine delle decine o al più delle centinaia di chilometri quadrati, bacini grandi, con area dell'ordine delle migliaia di chilometri quadrati.

In provincia di Varese sono diffuse le esondazioni dovute all'insufficienza delle reti di drenaggio dei piccoli bacini dove spesso le tombinature si sono dimostrate insufficienti. E' quindi consigliabile una metodica revisione della capacità di portata delle canalizzazioni, e in particolare dei sottopassi e delle tombinature, e un confronto con le portate di piena con diverso tempo di ritorno, anche stimate con metodi di prima approssimazione.

I bacini medi (con area da qualche decina a qualche centinaio di chilometri quadrati come nel caso del Torrente Arno) sono in prevalenza naturali: la percentuale di aree urbanizzate è però elevata o molto elevata (anche dell'ordine dei venti - trenta per cento).

Il tempo di corrivazione si può confrontare, per i fiumi per cui è stata stimata la portata al colmo, con la durata critica, che fornisce la massima portata al colmo. Il tempo di corrivazione stimato con la formula di Giandotti e la durata critica sono, rispettivamente, di 10 h e di 7 h per l'Arno.

Come si vede, il tempo di corrivazione supera generalmente il tempo critico - che comunque è determinato con una procedura convenzionale, la cui principale giustificazione consiste nel fornire risultati in accordo con quelli ricavati, quando è possibile, dall'analisi statistica delle portate al colmo- fino a raggiungere un valore poco più che doppio. L'ordine di grandezza rimane comunque lo stesso.

Il materiale solido presente nell'acqua durante le piene è di origine naturale e di origine antropica.

Il materiale di origine naturale è sopra tutto costituito dai sedimenti (argille, sabbie, ghiaie e materiale di dimensioni maggiori), che alimentano il fenomeno idraulico del trasporto solido.

L'importanza del trasporto solido è ben nota. In occasione delle piene si hanno fenomeni di erosione diffusa nel bacino, dovuti alle acque di pioggia, e fenomeni di erosione nell'alveo dei corsi d'acqua, dovuti all'aumento della velocità dell'acqua. Si ha così la mobilitazione di grandi masse di sedimenti, che sono trasportate dalla corrente verso valle e deposte nei punti dove la velocità dell'acqua è minore. Vale la pena di sottolineare che le piene maggiori provocano anche il collasso di opere (difese spondali ponti), le cui macerie finiscono nell'alveo.

Anche il Torrente Arno, come anche gli altri principali corsi d'acqua, è caratterizzato da regime prevalentemente torrentizio con un intenso trasporto solido durante le piene. Infatti, considerando un battente idrico anche di soli 2 m, l'azione di trascinamento risulta, con pendenze medie pari a 0,5%, è di:

$$\tau = \gamma * R * i = \gamma * h * i = 1000 * 2 * 0.005 = 10 \text{ kg/m}^2$$

ed è tale da risultare significativa anche per ciottoli di dimensioni rilevanti. Per una dimensione di 10 cm di diametro (dimensione molto frequente sulla superficie del fiume)

il criterio di stabilità di Shields porta, infatti, ad un'azione di trascinamento critica (Θ_c) pari a:

$$\Theta_c = 0.06 * (\gamma_s - \gamma) * d = 0.06 * 1700 * 0.1 = 210.2 \text{ kg/m}^2$$

Ne consegue che la corrente in piena ha la possibilità di trasportare agevolmente ingenti quantitativi di ciottoli, come d'altra parte dimostra l'esperienza locale.
La morfologia fluviale, inoltre, non presenta a monte situazioni idonee a bloccare gli ingenti quantitativi solidi provenienti dall'erosione del bacino che quindi, durante le piene, invadono i rami inferiori.

2.5 - I CARATTERI IDROGEOLOGICI

Nell'elaborazione del seguente argomento si è tenuto conto dei recenti risultati emersi nello "Studio Idrogeologico ed Idrochimico della Provincia di Varese a supporto delle scelte di gestione delle risorse idropotabili" predisposto dall'Autorità di Ambito Ottimale nel 2007.
In questo, considerato che il territorio varesino, presenta settori con caratteristiche geologiche e idrogeologiche estremamente differenziate, sono stati individuati tre settori:Montano, Pedemontano e di Pianura.
Come evidente il Comune di Ferno rientra proprio in quest'ultimo corrispondente all'area di massima estensione delle piane fluvioglaciali, e caratterizzato da acquiferi in terreni porosi contenenti falde sovrapposte arealmente continue, ad elevata potenzialità, normalmente captate da pozzi. La falda superficiale risulta più compromessa mentre quella inferiore è evidentemente più protetta da inquinamenti.
Per la ricostruzione della geometria e dei rapporti tra i diversi acquiferi presenti nel sottosuolo, utilizziamo la suddivisione introdotta da Avanzini M., Beretta G.P., Francani V. e Nespoli M, 1994 che, dall'alto verso il basso, individuare le seguenti unità idrostratigrafiche:

- **UNITÀ GHIAIOSO-SABBIOSA** (facies fluviali dell'Olocene-Pleistocene Sup.).

- **UNITÀ SABBIOSO-GHIAIOSA** (facies fluviali del Pleistocene Medio);
- **UNITÀ A CONGLOMERATI E ARENARIE** (facies fluviali del Pleistocene Inf.);
- **UNITÀ SABBIOSO-ARGILLOSA** (facies continentale e transizionale, Pleistocene Inf.-Villafranchiano Sup. e Medio Auct.);
- **UNITÀ ARGILLOSA** (facies marina, Pleistocene Inf.-Calabriano Auct.);

La Regione Lombardia, Eni Divisione Agip,2002, le ha recentemente riclassificate nelle nuove seguenti unità idrostratigrafiche:

- **Gruppo acquifero A** (Olocene-Pleistocene Medio);
- **Gruppo acquifero B** (Pleistocene Medio);
- **Gruppo acquifero C** (Pleistocene Medio);
- **Gruppo acquifero D** (Pleistocene Inf.).

Avanzini M., Beretta G.P., Francani V. e Nespoli M, 1994	Regione Lombardia, Eni Divisione Agip,2002
UNITÀ GHIAIOSO-SABBIOSA	Gruppo acquifero A
UNITÀ SABBIOSO-GHIAIOSA	Gruppo acquifero B
UNITÀ A CONGLOMERATI E ARENARIE	
UNITÀ SABBIOSO-ARGILLOSA	Gruppo acquifero C
	Gruppo acquifero D

Tabella 3- Corrispondenza tra le diverse classificazioni

Unità Ghiaioso-sabbiosa (Fluviali Würm, Würm tardivo e alluvioni recenti Auct.)

L'unità in esame è caratterizzata dalla netta prevalenza di litotipi grossolani con lenti argillose di limitato spessore ed estensione areale; nella terminologia di uso corrente viene identificata come "**Primo Acquifero/Acquifero Tradizionale"** in quanto forma la roccia serbatoio della falda libera del settore di pianura e contiene la falda tradizionalmente sfruttata dai pozzi dell'area milanese.

Unità Sabbioso-ghiaiosa (Fluviali Mindel-Riss Auct.)

Questo complesso, attribuito al Pleistocene Medio, forma la parte basale dell'"acquifero tradizionale" ed è identificata sotto l'aspetto idrogeologico come "**Secondo Acquifero**". E' costituita da una alternanza di depositi ghiaioso-sabbiosi, sabbiosi e limoso-argillosi, talora con lenti cementate conglomeratiche o arenitiche. Gli acquiferi qui contenuti sono

separati dalla falda sovrastante da limi e argille scarsamente permeabili costituendo così delle falde semi-confinate/confinate.

Unità a Conglomerati e arenarie ("Ceppo" Auct. p.p.)

Questa unità, formata da litologie prevalentemente conglomeratiche, con arenarie in subordine, passanti localmente a ghiaie e sabbie, è estesa in gran parte del settore pedemontano e nella medioalta pianura dove si rinviene nei primi 50-100 m di sottosuolo e dove forma la roccia serbatoio del primo acquifero.

Unità Sabbioso-argillosa

L'unità è costituita in prevalenza da argille e limi di colore grigio e giallo (con frequenti alternanze nella colorazione) con torbe (Pleistocene medio e inferiore), che forma il substrato della falda tradizionalmente sfruttata. A questi litotipi sono intercalate lenti più o meno estese di sabbie, ghiaie e conglomerati che formano acquiferi con falde confinate che vengono identificati con la denominazione di "**Terzo Acquifero**" o "**Acquiferi Profondi**".

Unità Argillosa

E' formata prevalentemente da argille e limi di colore grigio-azzurro con fossili marini, alle quali sono subordinati livelli sabbiosi, generalmente di modesto spessore. Il tetto di questa unità è di difficile identificazione in quanto è estrema la variabilità laterale degli orizzonti permeabili costituenti il "Terzo Acquifero". L'età è stata attribuita al Pleistocene inferiore, ma secondo altri Autori anche al Pliocene Superiore.

Nel territorio comunale di Ferno risultano rappresentate solo alcune delle unità idrogeologiche cartografate. Dalla più profonda alla più superficiale sono:

A) Substrato roccioso

Non osservato;

B) Unità delle argille prevalenti (*Acquiferi C-D)*

L'unità è costituita da depositi in facies transizionale e marina di età pliocenica, caratterizzati da limi, argille e argille sabbiose grigie e azzurre alternati a lenti di materiali più grossolani colmanti le maggiori incisioni del substrato roccioso. Si riscontra localmente la presenza di torbe e fossili.

Le possibilità acquifere di questa unità, variabili a seconda della zona, sono legate alla presenza di acquiferi profondi di tipo confinato e semiconfinato nei livelli sabbioso ghiaiosi intercalati alle argille.

C) Unità delle ghiaie e conglomerati prevalenti (*Acquiferi A-B)*

L'unità è caratterizzata da depositi in facies fluviale di tipo braided (frazioni grossolane) e di tipo a meandri (frazioni più fini), generalmente caratterizzati dalla successione di ghiaie e sabbie.

E' sede dell'acquifero principale di tipo da libero a confinato, tradizionalmente utilizzato dai pozzi di captazione a scopo idropotabile con un grado di vulnerabilità elevato.

D) Unità delle ghiaie, sabbie ed argille (*Acquifero A)*

Non osservato.

Per quanto riguarda la struttura idrogeoligca dell'area di studio, l'approfondirsi del substrato roccioso fino a profondità non raggiunte dai pozzi accompagnato dal conseguente aumento dello spessore dei depositi che lo ricoprono, determinano la presenza di una struttura idrogeologica più complessa e realmente continua, caratterizzata da acquiferi sovrapposti di tipo multistrato, contenuti sia nell'unità idrogeologica superiore (unità C - acquifero libero) sia nell'unità idrogeologica profonda (unità B - acquiferi confinati nei livelli permeabili intercalati alle argille).

L'acquifero superiore di tipo libero e localmente semiconfinato si caratterizza in tutto il territorio di pianura da produttività da buona ad elevata (20 – 50 l/s) e da un grado di vulnerabilità da medio ad elevato.

Nell'area centrale compresa fra Valle Olona E, Busto Arsizio e Gallarate, la base dell'acquifero superiore, limite al di sotto del quale compaiono gli acquiferi protetti intercalati alle successioni argillose, è generalmente rilevabile intorno ai 60/110 m.

Questi acquiferi talvolta sono stati abbandonati per la presenza di contaminazioni da nitrati e solventi cloruratı. I pozzi localizzati negli acquiferi profondi, invece, pur caratterizzati da una minor produttività, non presentano contaminazioni e/o inquinamenti.

Ipotizzando una sezione idrogeologcia, ricostruita tramite le stratigrafie dei pozzo realizzanti nel Comune di Ferno ed in quelli vicini, osserviamo spostandoci dalla superficie verso la profondità l'Unità C (Ghiaie e conglomerati prevalenti) ed al di sotto l'Uunità B (Argille prevalenti).

La prima è costituita da sedimenti a granulometria grossolana prevalenti, alternati a livelli argilloso-limosi talora organizzati in livelli isolati, talora in pacchi metrici e decametrici.

Gli orizzonti grossolani sono sede di un acquifero libero o semiconfinato con soggiacenza media pari a circa 70-80 metri da p.c. ed uno spessore medio di circa 60 metri, limitato alla base da sedimenti di natura prevalentemente limoso - argillosa ascrivibili all'unità B.

Gli orizzonti permeabili subordinati sono sede di un acquifero multistrato confinato.

L'acquifero superficiale è contenuto nei sedimenti sabbioso-ghiaiosi prevalenti ascrivibili all'unità C con una soggiacenza media di circa 30 metri da p.c. ed uno spessore dell'acquifero di circa 50 metri.

L'acquifero superficiale è limitato alla base dalla presenza dell'unità B, il cui tetto si trova a profondità comprese tra 70 e 100 m da p.c.

Tale unità è caratterizzata dalla presenza di orizzonti prevalentemente ghiaioso-sabbiosi sede di un acquifero multistrato confinato (**acquifero profondo**) intercalati a depositi limoso argillosi di spessore metrico.

La morfologia della superficie piezometrica evidenzia una falda con un flusso idrico sotterraneo mediamente orientate NNW-SSE nella zona centrale, con quote comprese tra 250 e 155 m s.l.m. ed un gradiente idraulico di circa 1-2%.

2.5.1 – La Carta idrogeologica

Il territorio comunale è stato suddiviso in zone in funzione della permeabilità, riscontrata nella zona di areazione, delle diverse litologie presenti. Schematizzando una sezione verticale del terreno osserviamo dall'alto verso il basso, il suolo, la zona di areazione e la zona di saturazione occupata stabilmente dalla falda freatica. In base a questa suddivisione sarà poi valutata la vulnerabilità della falda superficiale.

All'interno di questo elaborato tematico sono riportate le seguenti indicazioni:

- LINEE ISOPIEZOMETRICHE – Linee di punti con ugual quota piezometrica rispetto al livello del mare;

- DIREZIONE DI FLUSSO DELLA FALDA – Indicazione delle linee di drenaggio con cui si muove la falda;

Sono state poi individuate quattro unità a divera permeabilità:

DESCRIZIONE	LITOLOGIA	PERMEABILITA' (cm/sec)	SPESSORE ZONA AREAZIONE	SUOLO E/O STRATO DI ALTERAZIONE	GRADO DI VULNERABILITA' DELLA FALDA
I – PERMEABILITA' MEDIA - BASSA	Depositi alluvionali da antichi ad attuali e depositi fluvio glaciali wurmiani costituiti da ciottoli, ghiaie, sabbie e limi in percentuale variabile	$K=10^{-2}-10^{-5}$	30/40 m	Suoli da moderatamente a molto profondi a drenaggio variabile con spesore compreso tra 0.6 e 1.5 m. Permeabilità superficiale bassa	MEDIO - ALTO
II – PERMEABILITA' MEDIA – MOLTO BASSA	Depositi fluvio glaciali da wurmiani a tardo rissiani costituiti superiormente da sabbie e limi passanti a depositi di ciottoli, ghiaie, sabbie intercalati a livelli o lenti limoso argillose	$K=10^{-3}-10^{-6}$	45/50 m	Suoli da profondi a molto profondi a drenaggio mediocre – buono con spesori mediamente superiori al metro. Permeabilità superficiale bassa	ALTO – MOLTO BASSA
III – PERMEABILITA' ALTA - BASSA	Depositi fluvio glaciali eterogenei costituiti da ciottoli, ghiaie, sabbie	$K=10^{-1}-10^{-4}$	45/55 m	Suoli a profondità e drenaggio molto variabile Permeabilità superficiale da bassa a alta	ALTO – MOLTO ELEVATO
IV – PERMEABILITA' ALTA - MEDIA	Depositi fluvio glaciali eterogenei costituiti da ciottoli, ghiaie e sabbie	$K=10^{-1}-10^{-3}$	0/10 m	Suoli da poco sviluppati a assenti	ELEVATO – MOLTO ELEVATO

Con un'apposita simbologia sono rappresentati nella cartografia allegata al Pgt i potenziali "centri di pericolo" ("CDP") definiti come qualsiasi funzione, attività, insediamento, manufatto (ovvero modalità d'uso di insediamenti, manufatti ed aree), in grado di generare direttamente e/o indirettamente fattori reali o potenziali di degrado

delle acque sotterranee. L'inquinamento degli acquiferi è infatti provocato dai rifiuti delle attività umane, di cui l'acqua è il veicolo di trasporto e di disseminazione ideale.

I maggiori pericoli di inquinamento sono rappresentati da:

- *pozzi assorbenti* (o *perdenti*) dove sono talvolta scaricati inquinanti chimici difficilmente degradabili; in tal caso, l'introduzione delle sostanze contaminanti nel sottosuolo è immediata;
- *Vie di comunicazione importanti* (Autostrada e linea ferroviaria) dove ogni giorno transitano innumerevoli mezzi di trasporto con potenziali "bombe ad orologeria" pronte ad esplodere. Il caso poi vuole che i principali pozzi comunali utilizzati ai fini idropotabili, siano localizzati proprio in prossimità di queste strutture;
- *Attività industriali.* Visto che le opere di presa sfruttano le falde più superficiali, talvolta non coperte da adeguato strato impermeabile, un possibile evento incidentale potrebbe essere causa di un deterioramento delle caratteristiche organolettiche delle acque. Gli altri esempi riportati nella fig. 17 sono riconducibili a modalità di penetrazione e di assorbimento degli inquinanti collegate con la litologia e la permeabilità verticale della roccia.

Questi fattori naturali ed antropici comportano di solito un'amplificazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi, aumentando di fatto la velocità di infiltrazione e abbattendo, di contro, la capacità di depurazione naturale della zona non satura, che è saltata tutta o in parte.

La raccolta dei dati relativi è stata molto impegnativa, dovendosi necessariamente raggiungere un elevato grado di copertura e di approfondimento. Non basta, ad esempio, il rilevamento di un complesso industriale per definire il tipo ed il grado di pericolosità potenziale di esso ma sarà necessario conoscere il tipo di rifiuti che produce, la portata degli scarichi liquidi, la destinazione di questi (fognatura urbana, impianto di depurazione, rete idrografica).

Un aspetto però da non trascurare, è legato alla mancata individuazione esatte delle aree di rispetto secondo i criteri temporali dei pozzi in quanto, data l'elevata permeabilità delle formazioni in cui si localizzano queste, le attività antropiche svolte in

prossimità delle sorgenti possono creare dei pericoli di inquinamento per le falde idriche.

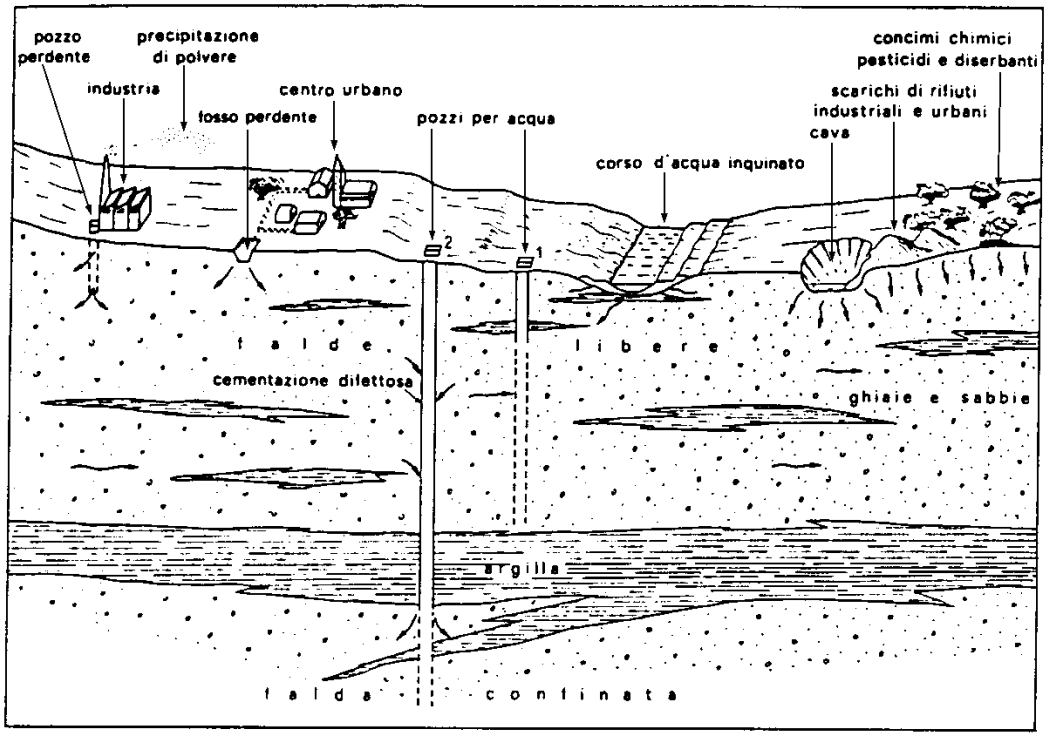


Figura 9 - Principali modalità di inquinamento delle acque sotterranee, dovute all'attività dell'uomo (Celico, 1988).

La carta della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento è uno strumento basilare del processo di pianificazione delle risorse idriche sotterranee di un determinato territorio, sia per quanto riguarda l'uso corretto di esse che per quanto attiene alla loro protezione nel tempo e nello spazio; scopo di questo documento è di colmare la distanza, *talvolta abissale*, tra la conoscenza scientifica organizzata esistente su un territorio e quella che è resa effettivamente disponibile a coloro che sono chiamati a gestire il processo decisionale e gestionale nello stesso territorio. Tale carta può essere quindi di grande aiuto nel processo decisionale quando è utilizzata

correttamente e, specialmente, interpretata in funzione dell'effettiva consistenza e qualità dei dati disponibili all'atto della sua redazione, del metodo di compilazione e della scala.

L'utilizzo della carta della vulnerabilità permette di avere una sufficiente oculatezza nelle decisioni e nei giudizi preventivi circa l'ammissibilità di trasformazioni territoriali potenzialmente inquinanti o l'inserimento di nuove attività produttive; ciò significa che la cartografia, ben interpretata con l'ausilio di tecnici specialisti, può sostituire, almeno in chiave preliminare, i rilievi necessari al rilascio di licenze ed autorizzazioni da parte dei legali gestori del territorio.

Infine, nel campo della prevenzione del pericolo di inquinamento delle fonti idropotabili e della formazione di riserve strategiche in aree vincolate onde poter disporre, all'occorrenza, di risorse idriche integrative, sostitutive o di emergenza, l'uso delle carte della vulnerabilità è non soltanto necessario ma effettivamente indispensabile. Il D.Lgs. 152/06 prevede, com'è noto, che le opere di presa di acque sotterranee destinate al consumo umano siano circondate da un'area di salvaguardia articolata almeno su tre zone concentriche nelle quali siano imposti vincoli nell'utilizzo del territorio via via meno severi dal centro alla periferia; quindi, anche la più esterna delle zone (la cosiddetta *zona di protezione*, che comprende tutta l'area di alimentazione degli acquiferi), deve essere soggetta ad alcune limitazioni d'uso e delle attività produttive esistenti e/o programmate. L'identificazione e l'imposizione rapida ed oculata di tali vincoli è impossibile senza l'esistenza di un *documento di piano* che, appunto, mostri la consistenza e la tipologia delle attività esistenti a fronte della suscettibilità dell'acquifero ad essere contaminato.

La carta stessa può essere un documento inadeguato alla valutazione di situazioni particolari, essendo i metodi di preparazione generalmente basati sull'ipotesi di un inquinante generico e non specifico; infatti, è stato notato che alcuni dei parametri utilizzati nella valutazione dell'abbattimento parziale degli inquinanti nel sottosuolo sono fortemente influenti su taluni inquinanti ma non lo sono per niente su altri.

2.5.4. Le aree di rispetto dei pozzi comunali

Attualmente per tutti i pozzi ad uso potabile è stata definita un'area di rispetto secondo il criterio geometrico, individuando un raggio di 200 m intorno ai pozzi indipendentemente dalle caratteristiche idrogeologiche delle formazioni presenti sul territorio.

In conformità a quanto definito dalla normativa vigente, parallelamente alla procedura di approvazione del P.G.T., saranno attivate le richieste necessarie alla definizione delle aree stesse secondo i criteri temporali, giaà evidenziate come vediamo nel prosieguo del paragrafo.

Contemporaneamente al procedimento di adozione del P.G.T., è stata attivata la richiesta all'A.T.O. per la ridelimitazione della fascia di Rispetto del Pozzo di Via Marconi secondo il criterio temporale in sostituzione di quello geometrico attualmente applicato. Non appena concluso l'iter, si provvederà all'individuazione della nuova area.

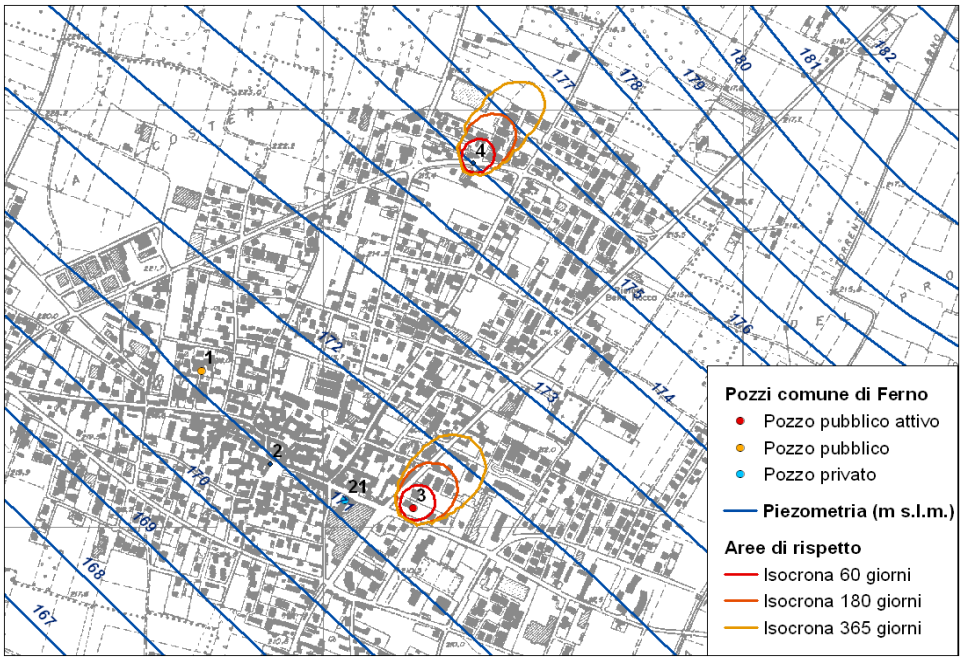
Per quanto riguarda invece il pozzo di Via Matteotti, si è deciso di non procedere allo stato attuale alla definzione della nuova area con criterio temporale in quanto lo stesso, come vedremo nel resto della relazione, sarà oggetto di intervento di potenziamento al fine di soddisfare le esigenze della nuova popolazione insediata.

A puro fine teorico, in attesa delle necessarie approvazioni indichiamo, la previsione delle nuove aree di rispetto secondo il criterio geometrico.

Le aree di salvaguardia proposte sono state calcolate con il metodo delle isocrone del tempo di arrivo, ai pozzi in questione, relative a 60, 180 e 365 giorni, utilizzando i codici di calcolo Modflow e Modpath mediante l'interfaccia GWVistas 5.

In primo luogo è stato ricostruito l'andamento del flusso sotterraneo applicando Modflow, sulla base delle conoscenze geologiche ed idrogeologiche della zona in esame.

Entrambi i pozzi in questione hanno una profondità di circa 100 m e prelevano acqua dall'acquifero libero superficiale tradizionalmente utilizzato a scopo idropotabile. Tale acquifero trova sede in un'unità ghiaioso - sabbiosa che può raggiungere lo spessore di 90 m.



La porzione di territorio considerata nel modello è un rettangolo di 2,7 x 3,5 Km di lato che è stato suddiviso in celle da 10 x 10 m l'una a dare una griglia di calcolo di 270 righe per 350 colonne. Lungo l'asse verticale si è considerato un unico strato dello spessore di 90 m con top e bottom paralleli (non si è tenuto conto della morfologia della superficie topografica e della base dell'acquifero).

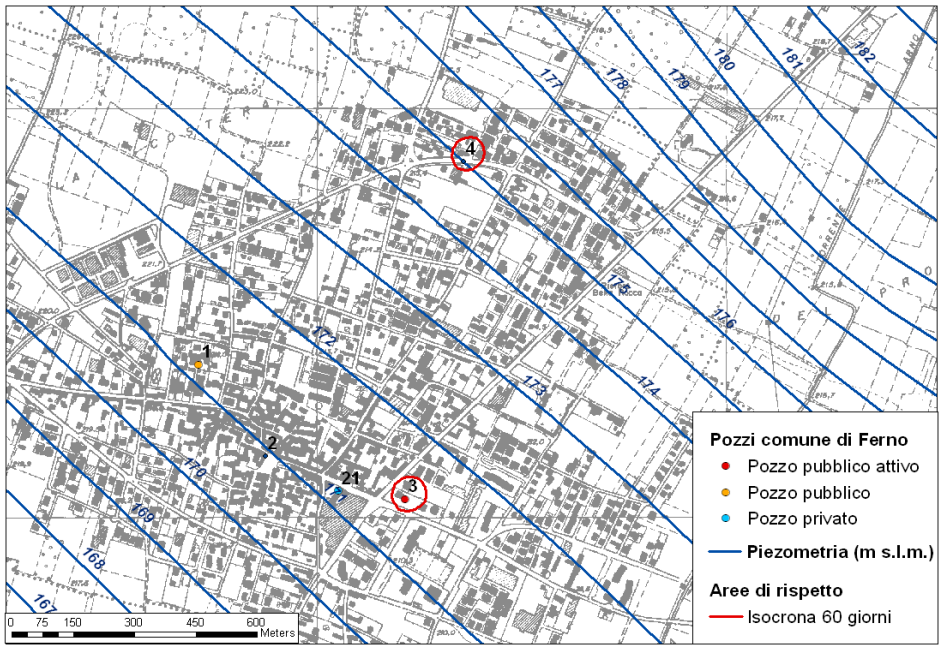
Per quanto riguarda le caratteristiche idrauliche, in mancanza di valori misurati in campo, si è considerata una K media di 1E-4 m/s (12 m/giorno) ed una porosità efficace di 0,2.

Per definire le condizioni al contorno del modello è stata utilizzata la carta piezometrica pubblicata dalla provincia di Varese – Autorità Ambito Territoriale Ottimale – nel maggio 2007: sono state inserite nel modello, come Constant Head, l'isopieza a 180 m s.l.m. e l'isopieza a 168 m s.l.m.

La presenza dei pozzi 1, 2 e 21 non influenza il risultato del modello perché questi sono tutti pozzi non attivi.

Riprodotto l'andamento del flusso, si è utilizzato Modpath per tracciare le linee di flusso, ricavare le informazioni sui tempi di percorrenza delle acque sotterranee verso i pozzi e definire le isocrone (curve a ugual tempo di percorrenza). Il tracciamento delle

linee di flusso permette di determinare il campo di moto delle particelle di acqua e di eventuali contaminanti ad esse associati e l'area di captazione di un pozzo in modo più preciso di quanto si possa fare basandosi esclusivamente sui vettori di flusso tracciabili con Modflow.



Il tempo di percorrenza delle acque verso un pozzo è un fattore di importanza molto rilevante nell'ambito della protezione delle risorse idriche sotterranee. E' necessario sempre ricordare, però, che i tempi di percorrenza simulati sono funzione delle soluzioni del modello di flusso implementato con Modflow e della effettiva zonazione dei valori di porosità efficace; di conseguenza, maggiori sono le conoscenze idrogeologiche della area in esame e più attendibili sono le isocrone simulate. Per definire i tempi di percorrenza delle particelle verso i pozzi di Ferno è stata, quindi, svolta, con Modpath, una "endpoint analysis" (si ipotizza di rilasciare una particella per ogni cella del modello a livello della tavola d'acqua per seguirne il destino; si determina così l'area della tavola d'acqua che contribuisce a rifornire ciascun pozzo) e le informazioni in essa contenute sono state rappresentate mediante isolinee dei tempi di percorrenza. E' possibile scegliere di rappresentare le isocrone a tempi prescelti dall'utente.

Per quanto riguarda i pozzi, si è impostato un prelievo di 10 L/s.

La presenza dei pozzi 1, 2 e 21 non influenza il risultato del modello perché questi sono tutti pozzi non attivi.

AREE DI SALVAGUARDIA DI FERNO:

POZZO 3 – Via Marconi:

isocrona 365 giorni

asse maggiore = 247 m di cui 32 m verso valle e 215 m verso monte

asse minore = 165 m

isocrona 180 giorni

asse maggiore = 157 m di cui 30 m verso valle e 127 m verso monte

asse minore = 130 m

isocrona 60 giorni

asse maggiore = 90 m di cui 29 m verso valle e 61 m verso monte

asse minore = 81 m

POZZO 4 – Via Matteotti:

isocrona 365 giorni

asse maggiore = 268 m di cui 29 m verso valle e 234 m verso monte

asse minore = 138 m

isocrona 180 giorni

asse maggiore = 164 m di cui 30 m verso valle e 134 m verso monte

asse minore = 114 m

isocrona 60 giorni

asse maggiore = 84 m di cui 22 m verso valle e 62 m verso monte

asse minore = 76 m

2.5.5. La sostenibilità del PGT in funzione delle risorse idriche disponibili

Al fine di definire la disponibilità idrica del Comune di Ferno e di conseguenza la sostenibilità del Piano di Governo del Territorio, sono stati valutati i dati presenti in bibliografia, derivanti da studi eseguiti precedentemente ed in particolare il progetto di ristrutturazione delle rete idrica dei Comuni di Ferno e Lonate Pozzolo redatto dallo Studio Idrogeotecnico Ghezzi per conto della S.A.P..

Frequenti fenomeni di inquinamento nel periodo compreso tra il 1997 ed il 2001 ed il conseguente abbandono di alcuni pozzi, hanno evidenziato la necessità di idonei approfondimenti sintetizzati negli studi commissionati dalla S.A.P. nel 2001 e nel 2005.

La rete comunale di Lonate Pozzolo, collegata a quella di Ferno e gestita unitariamente dalla S.A.P., dispone dei seguenti pozzi:

n°	Località	Anno	Prof. (m)	Filtri (m)	Portata (l/s)	note
COMUNE LONATE POZZOLO						
1	Via del Don	1954	52.7	40.7-50.7	0	Fermo per nitrati
2	Via Cavour	1962	55.3	42-54	0	In disuso
3	Piazza C. Battisti	1954	57.0	44-56	0	In disuso
4	Tornavento	1955	61.0	52-60	10	In rete Problemi qualitativi (solventi, nitrati)
5	Piazza Chiesa	1960	55.0	45-53	0	Cementato
6	Via Colombo	1961	59.0	46-58	0	Fermo
7	Via Adua	1956	60.0	47-59	0	In disuso (nitrati)
8	Quattro Strade	1988	250.0	120-140	0	In disuso
11/1	Via Molinelli 1°	1989	235.1	53.6-230.7	22	In rete
11/2	Via Molinelli 2°	1989	82.6	55.24-74.14	22	In rete
11/3	Via Molinelli 3°	1989	250.6	211.64-229.5	5	In rete
11/4	Via Molinelli 4°	1989	82.6	57.58-76.48	22	In rete
11/5	Via Molinelli 5°	1989	256.0	207.26-253	22	In rete
11/6	Via Molinelli 6°	1989	82.6	63.11-81.2	22	In rete
11/7	Via Molinelli 7°	1989	253	208.11-248.1	22	In rete
	Portata disponibile				147	
	COMUNE FERNO					
1	Via 5 Martiri	1950	55	50-54	0	Cementato
2	Piazza D. Alighieri	1955	66	43-64	0	Cementato
3	Via Marconi	1971	101.5	65-85	10	In rete Problemi qualitativi
4	Via Matteotti	1975	102	58-89	0	Fermo per Nitrati
	Portata disponibile				10	

Il Piano Provinciale degli acquedotti prevedeva al 2016 i seguenti fabbisogni:

	COMUNE LONATE POZZOLO	COMUNE FERNO
Popolazione residente	13000	7200
Popolazione stabile non residente	135	0
Popolazione fluttuante	300	1000
Popolazione senza pernottamento	4848	1518
Aree con addetti dei futuri insediamenti ad uso lavorativo (ha)	72.30	17.40
Aree con fabbisogni produttivi delle attività industriali e zootecniche (ha)	114.06	6.75
Fabbisogno potabile sanitario (l/s)		
Medio Annuo	80.85	34.56
Medio nel giorno di max consumo	103.92	47.38
Portata di punta oraria	138.92	66.62
Fabbisogni produttivi appagabili da acquedotto	27.57	11.96
Fabbisogno max erogabile da acquedotto	159.42	68.92
Bilancio disponibilità/fabbisogni (Lonate Pozzolo + Ferno)		
Disponibilità attuale	l/sec	147.0
Fabbisogno medio nel giorno di massimo consumo	l/sec	151.3
Portata di punta oraria	l/sec	205.5
Deficit sul giorno di massimo consumo	l/sec	-4.3
Deficit sulla portata di punta oraria	l/sec	-58.1

Come vediamo dalla tabella soprastante, già il Piano Provinciale per gli acquedotti evidenziava situazioni di deficit sia sul giorno di massimo consumo, sia sulla portata di punta oraria.

Attualmente il pozzo di Via Marconi (l'unico comunale in funzione sul territorio comunale di Ferno), viene mantenuto spento per gran parte della giornata, con attivazioni saltuarie durante i momenti di massimo utilizzo dell'acquedotto (inizio mattina, orario di pranzo-cena, periodi estivi).

E' indubbio che la previsione di abitanti insediabili indicata nel P.G.T. (8522 ab.) dovrà OBBLIGATORIAMENTE essere accompagnata dal potenziamento dei pozzi esistenti sul territorio comunale di Ferno e/o Lonate Pozzolo.

Al fine di colmare comunque il deficit sopra definito, in attesa che le politiche di risparmio idrico vengano recepite dalla popolazione, si renderanno indispensabili interventi di riqualificazione degli impianti presenti in loc. Tornavento in Comune di Lonate Pozzolo e Via Matteotti in Comune di Ferno.

L'Amministrazione comunale e la S.A.P., consci di questo limite, hanno già predisposto un progetto esecutivo per il potenziamento del Pozzo di Via Matteotti che alleghiamo in copia alla presente relazione.

Tale opera, allo stato attuale è in attesa di essere finanziata ma diventa condizione necessaria per lo sviluppo urbanistico comunale.

Considerato i problemi di inquinamento presenti nella prima falda e l'elevata vulnerabilità della stessa, l'interventi dovranno essere mirati alla ricerca di falde protette oltre i 200 m. di profondità.

Al fine di eliminare queste situazioni si dovrà obbligatoriamente agire tramite il P.G.T. sui seguenti elementi:

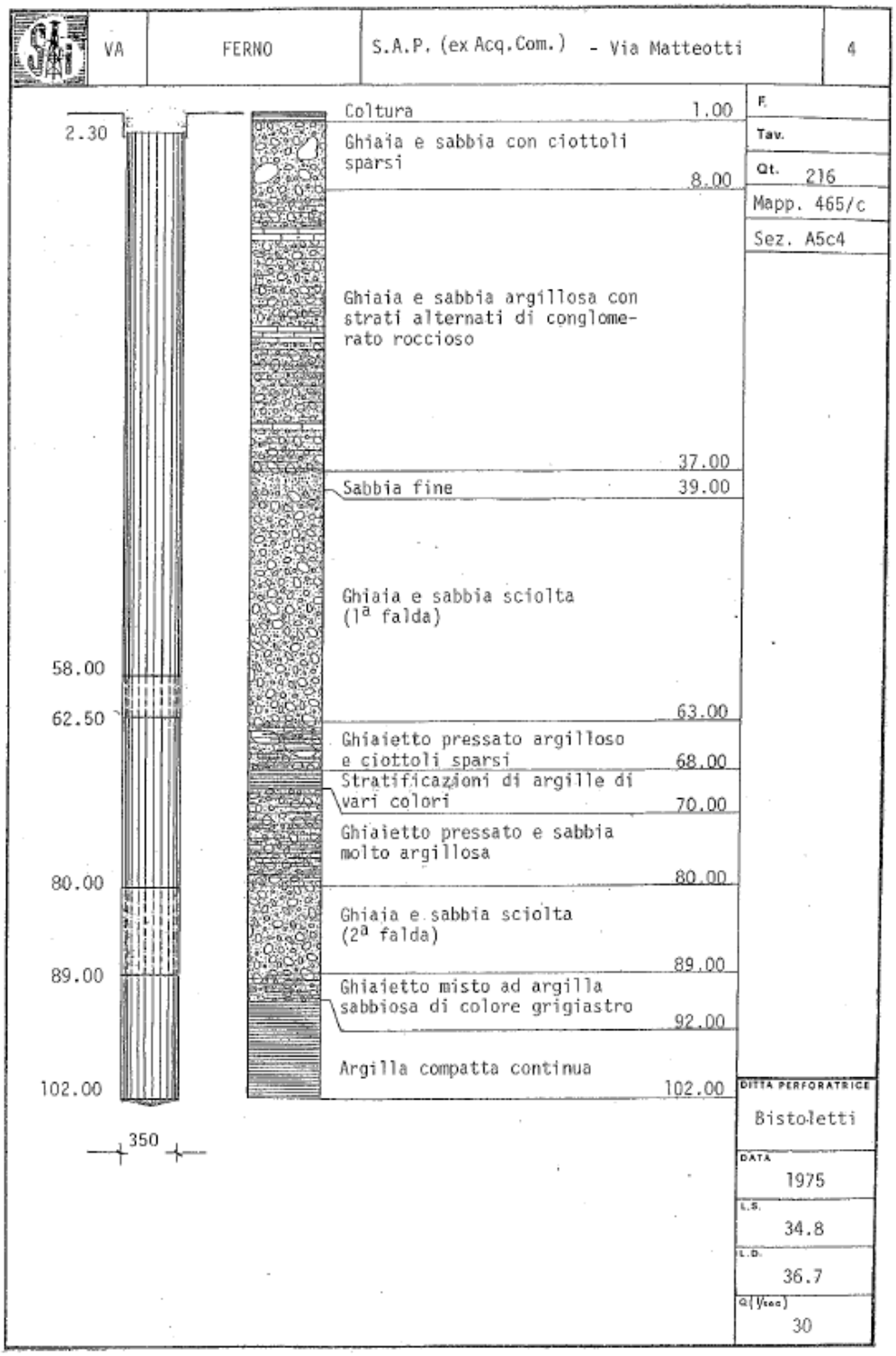
- adozione di meccanismi per il recupero e l'ottimizzazione delle risorse idriche;
- miglioramento e ricerca di nuove fonti idropotabili mediante la riattivazione, ristrutturazione e/o potenziamento delle opere esistenti;

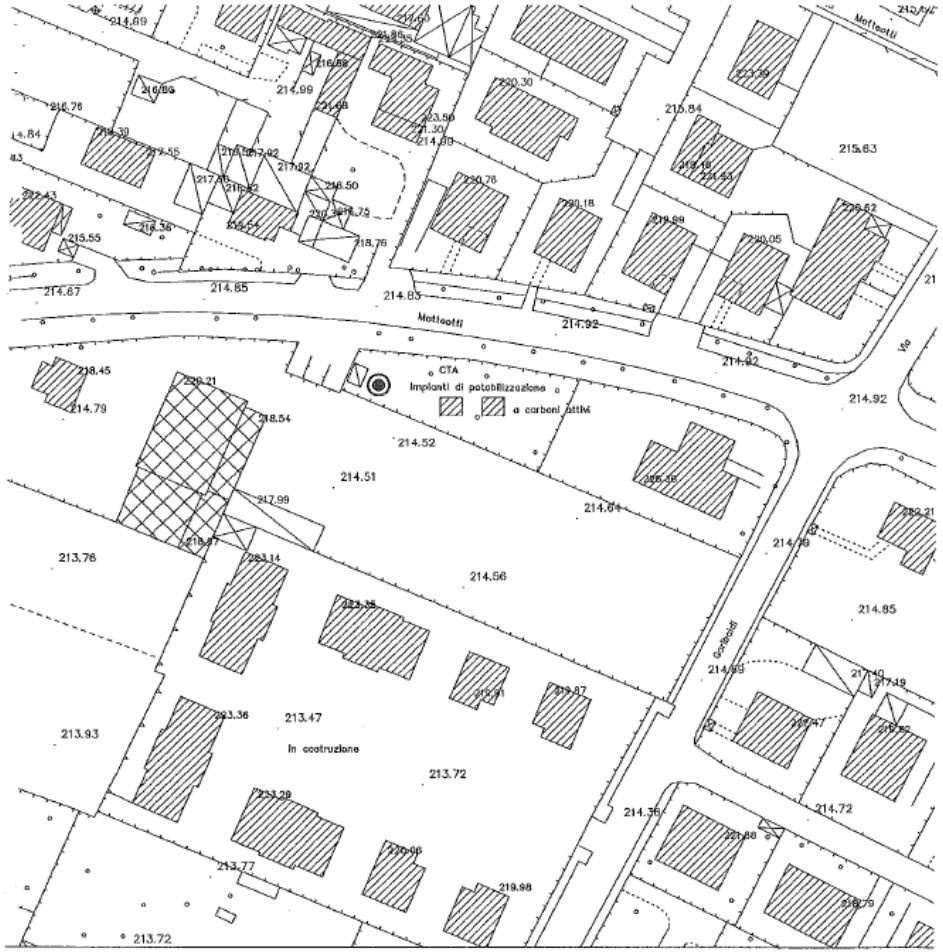
A puro titolo informativo vengono allegati alla presente relazione le schede degli altri pozzi privati presenti sul territorio comunale indicati nella cartografia come "Altri pozzi".

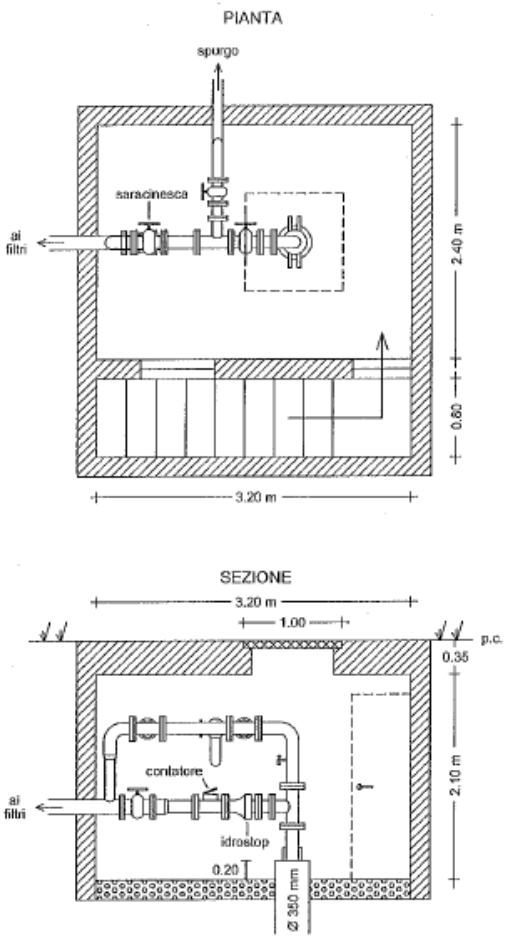
Al fine di individuare possibili interventi di ottimizzazione anche sulla rete di distribuzione acquedottistica presente nell'abitato di Ferno, sono state stimate le perdite presenti sulla rete di distribuzione confrontando i volumi erogati rispetto a quelli fatturati (dati 2008 – S.A.P.).

Tipologia utenze	Numero utenze	Volume fatturato mc/anno	volume erogato mc/anno	% perdite rete
Domestici	2114	474159		
Altri	189	68713		
TOTALE	**2303**	**542872**	**655436**	**17.17%**

Come possiamo vedere dalla soprastante tabella, i valori riscontrati, tenuto conto delle perdite fisiologiche non contabilizzabili, così come quelle imputabili ad estintori, fontane pubbliche ed altri punti di erogazione non monitorati, evidenziano una gestione attenta di una rete in buone condizioni di manutenzione.


VA
FERNO
S.A.P. (ex Acq.Com.) - Via Matteotti
4
2.30
Coltura 1.00
Ghiaia e sabbia con ciottoli sparsi 8.00
Ghiaia e sabbia argillosa con strati alternati di conglomerato roccioso 37.00
Sabbia fine 39.00
Ghiaia e sabbia sciolta (1ª falda) 63.00
58.00
62.50
Ghiaietto pressato argilloso e ciottoli sparsi 68.00
Stratificazioni di argille di vari colori 70.00
Ghiaietto pressato e sabbia molto argillosa 80.00
80.00
Ghiaia e sabbia sciolta (2ª falda) 89.00
89.00
Ghiaietto misto ad argilla sabbiosa di colore grigiastro 92.00
Argilla compatta continua 102.00
102.00
350
F.
Tav.
Qt. 216
Mapp. 465/c
Sez. A5c4
DITTA PERFORATRICE
Bistoletti
DATA
1975
L.S.
34.8
L.D.
36.7
Q(l/sec)
30

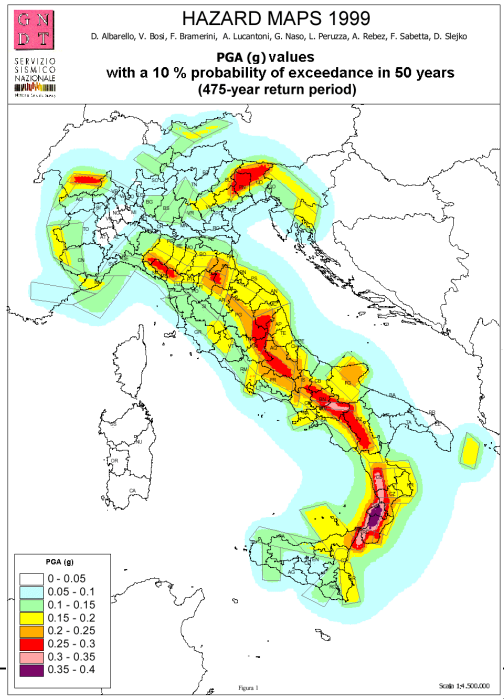

Matteotti
CTA
Impianti di potabilizzazione
a carboni attivi
In costruzione
Garibaldi


PIANTA
spurgo
saracinesca
ai filtri
2.40 m
0.60
3.20 m
SEZIONE
3.20 m
1.00
p.c.
0.35
2.10 m
contatore
idrostop
0.20
Ø 350 mm

2.6 – I CARATTERI SISMICI

I terremoti determinano oscillazioni nei mezzi attraversati che tendono in via teorica ad attenuarsi con la distanza dalla sorgente. L'osservazione dei danni prodotti da numerosi eventi sismici ha però dimostrato che talvolta, anche in aree lontane dalla zona epicentrale, si possono presentare fenomeni locali di esaltazione dello "scuotimento sismico" imputabili a particolari condizioni stratigrafiche, litologiche e geomorfologiche del sito (condizioni di sito) che, in situazioni limite, possono addirittura dar luogo a fenomeni di instabilità dei terreni, estremamente pericolosi.

L'espressione effetti di sito, o effetti sismici locali, indica proprio il complesso di modifiche subite dalle perturbazioni sismiche (in termini di ampiezza, durata e contenuto in frequenza) a causa delle particolari condizioni del luogo. In particolare ci si riferisce alle caratteristiche del moto sismico in fase di affioramento in superficie, modificato in relazione alle proprietà geotecniche dei depositi di terreno attraversati e delle condizioni morfologiche del sito. L'esperienza acquisita nel tempo ha consentito di riconoscere le situazioni più "pericolose" legate sostanzialmente a:


HAZARD MAPS 1999
D. Albarello, V. Bosi, F. Bramerini, A. Lucantoni, G. Naso, L. Peruzza, A. Rebez, F. Sabetta, D. Slejko
PGA (g) values
with a 10 % probability of exceedance in 50 years
(475-year return period)
SERVIZIO SISMICO NAZIONALE
PGA (g)
0 - 0.05
0.05 - 0.1
0.1 - 0.15
0.15 - 0.2
0.2 - 0.25
0.25 - 0.3
0.3 - 0.35
0.35 - 0.4

- i depositi di fondo valle (con profondità superiori a 5 m) costituiti da terreni non particolarmente addensati o comunque dotati di caratteristiche meccaniche nettamente differenti rispetto alle rocce del substrato;
- le morfologie caratterizzate da una topografia irregolare (sommità dei rilievi collinari, creste, promontori, orlo di terrazzo fluviale, etc.), soprattutto se interessati da importanti discontinuità litologiche e strutturali.

Attraverso l'analisi delle misure locali ed il loro confronto con registrazioni su roccia affiorante,

caratterizzate da una amplificazione minima, è possibile leggere le eventuali amplificazioni o attenuazioni subite a causa delle particolari condizioni di sito. Naturalmente un approccio del genere fornisce buoni risultati in tempi utili solo in zone caratterizzate da una sismicità diffusa, cioè dove sia possibile la registrazione di un numero sufficiente di terremoti di intensità medio-alta (aftershocks) in un tempo ragionevole. Questo aspetto riduce notevolmente le possibilità di utilizzo di questa procedura ed è anche il motivo che ha spinto negli anni diversi studiosi a tentare altre strade.

Attualmente, anche in base alle indicazioni del Servizio Sismico Nazionale, le modalità con cui vengono valutati tali effetti prevedono un approccio interdisciplinare incentrato sulle discipline sismologiche, geologiche e geotecniche, per la definizione della pericolosità, ed esteso all'ingegneria sismica nella fase di valutazione del rischio. Per ciascuna disciplina possono esserci diversi livelli di approfondimento da scegliere in relazione agli scopi dello studio, alle caratteristiche note del territorio ed ovviamente alle risorse economiche disponibili.

La sismologia fornisce in primo luogo i dati di base necessari alla valutazione del potenziale sismogenetico dell'area, valutato mediante metodi strumentali e soprattutto mediante i metodi propri della sismologia storica. In secondo luogo fornisce una valutazione puntuale basata su metodi di prospezione sismica attiva o passiva. In particolare questi ultimi, basati sull'impiego di microtremori sismici, hanno dimostrato di poter essere proficuamente impiegati nello studio di aree estese essendo meno onerosi rispetto ai primi e più rapidi nell'esecuzione.

I microtremori sismici sono oscillazioni del suolo prodotte da sorgenti naturali quali ad esempio vento e moto ondoso oppure sorgenti artificiali come macchine industriali, traffico, attività umane di vario genere. L'assunto fondamentale deriva dall'osservazione fatta dagli ingegneri Kanai e Tanaka che lo spettro dei microtremori presenta una buona correlazione con quello dei terremoti, questo suggerisce come il contenuto spettrale di un terremoto sia legato a quello del rumore sismico locale e possa essere dedotto da quest'ultimo. In particolare il rapporto spettrale risulta essere prossimo ad uno per strati rocciosi, il che ci consente di dire che su roccia, per perturbazioni provenienti da ogni direzione, le componenti del moto presentano ampiezze paragonabili in ogni direzione;

mentre le oscillazioni risultano generalmente amplificate dai terreni soffici che possono ricoprire il bedrock.

Su questa base il "metodo Kanai-Tanaka" (Kanai-Tanaka, 1961) prevede il calcolo della funzione di amplificazione come rapporto spettrale tra le componenti orizzontali delle registrazioni sismiche locali e di quelle su substrato roccioso; mentre recentemente Nakamura" (Nakamura, 1989) ha proposto una stima della funzione di amplificazione come rapporto spettrale tra le componenti orizzontale e verticale dei microtremori registrate nel medesimo sito.

In alternativa alle metodiche basate sulle analisi dirette delle onde sismiche esiste un approccio basato sull'impiego di modelli numerici, attraverso i quali vengono simulate le complesse interrelazioni che possono stabilirsi tra le onde sismiche, prodotte da un terremoto di prefissate caratteristiche, e le proprietà geotecniche dei terreni del sito di interesse; con tale metodo (metodo geotecnico) viene valutata la risposta del terreno ad un terremoto di input, in arrivo al sito, in corrispondenza del bedrock e descritto mediante un accelerogramma.

La valutazione degli effetti sismici locali di un'area con l'approccio geotecnico si articola fondamentalmente in tre fasi:

1. *individuazione delle condizioni locali e determinazione dei parametri geotecnici* da utilizzare nelle analisi di risposta sismica locale; a tal fine è necessario, oltre che reperire la documentazione proveniente da altre indagini, programmare ed eseguire specifiche indagini geologiche, geofisiche e geotecniche;

2. *determinazione del moto sismico di riferimento* su roccia da utilizzare nelle analisi di risposta sismica locale; per determinare il moto sismico, da impiegare come input, occorre effettuare analisi della sismicità regionale, individuare e modellare i possibili meccanismi di sorgente, determinare le leggi di attenuazione e/o utilizzare registrazioni *strong motion* effettuate nell'area in studio su roccia o su deposito;

3. *definizione del modello* da impiegare nelle analisi; la scelta del modello è da rapportare alla complessità della situazione specifica, alla precisione e affidabilità richiesta, ai risultati e alle risorse economiche. I modelli attualmente utilizzati nell'analisi sono raggruppabili in diverse categorie in relazione: al numero di dimensioni impiegate per la schematizzazione

del programma (in tal caso si parla di modelli monodimensionali, bidimensionali tridimensionali); al tipo di soluzioni che propongono, in forma chiusa o numerica (in questo caso si hanno modelli analitici e numerici); allo schema fisico adottato per rappresentare il terreno (metodi della trave a taglio continua o discretizzata) e, infine, alle leggi costitutive impiegate per il terreno (modelli lineari, lineari equivalenti, non lineari e elastoplastici).

Queste tre fasi concorrono tutte alla definizione di uno spettro di risposta del terreno che fornisce per ogni frequenza l'ampiezza dello spostamento.

Il dibattito circa l'applicabilità di tali metodologie e quindi l'attendibilità dei risultati ottenuti è particolarmente acceso e sta interessando un numero sempre maggiore di ricercatori, vista soprattutto l'attualità del problema di fornire strumenti di indagine per la prevenzione dal rischio sismico, sempre più rapidi, efficaci ed economici.

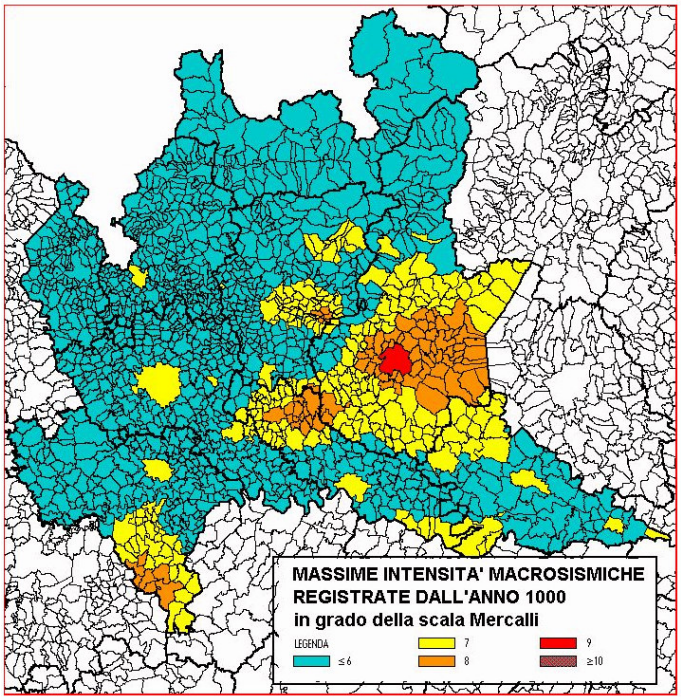
Il metodo basato sui microtremori presenta l'enorme vantaggio di non basarsi su modelli teorici di amplificazione sismica del mezzo, ma sulla diretta osservazione sul campo degli effetti locali di distorsione del segnale sismico. Aspetto ancor più importante è che, in questo modo, non si trascura alcuna delle possibili cause di amplificazione locale. Il lato negativo è invece rappresentato dall'impossibilità di distinguere le singole cause di amplificazione e di non poter comprendere in che misura ciascuna di esse pesi sulla perturbazione finale. Tra l'altro si deve considerare che l'acquisizione strumentale consente una stima puntuale del fenomeno di amplificazione e quindi, per poter ottenere una rappresentazione bidimensionale della distribuzione degli effetti amplificativi, è necessario realizzare un numero adeguato di registrazioni, sufficientemente ravvicinate, che possano, per interpolazione successiva, dare un quadro esteso della situazione di vulnerabilità dell'area. Nel caso di misure di microtremori deve inoltre essere valutato un altro importante limite legato all'impossibilità, di tali metodi, di prevedere gli effetti di amplificazione sismica causati da un comportamento non lineare dei terreni che potrebbe aversi in presenza di terremoti di elevata intensità. I microtremori sono infatti segnali a bassa energia per cui si ritiene che i terreni interessati da tali perturbazioni si mantengano nel dominio di comportamento elastico e lineare.

Entrando nello specifico tra i metodi strumentali quello di Kanai e Tanaka presenta dei limiti dovuti alla necessità di impiegare due punti di misura dove registrare i moti orizzontali del suolo di cui uno per il quale si possano considerare assenti eventuali fenomeni amplificativi; inoltre questo sito deve essere sufficientemente vicino all'area da studiare. Nel caso in cui questi requisiti siano soddisfatti il metodo fornisce sia la frequenza propria di oscillazione del sito, sia il valore del fattore di amplificazione; entrambi sufficientemente attendibili.

Il metodo di Nakamura o HVSR presenta il vantaggio di necessitare di un solo strumento di misura in quanto l'acquisizione di microtremore avviene su un unico punto considerando sia il moto verticale sia quello orizzontale, infatti Nakamura ipotizza che la componente verticale non subisca una significativa amplificazione nell'attraversare i sedimenti dal substrato alla superficie. Questo metodo si è rivelato molto affidabile nello stimare la frequenza propria di oscillazione del sito, ma presenta qualche incertezza nella stima del fattore di amplificazione.

Diversamente dai metodi strumentali il metodo geotecnico prevede un approccio teorico al problema dell'amplificazione sismica basandosi su codici di calcolo numerico che possono essere mono bi e tridimensionali (SHAKE, QUAD4, FLUSH). Ciascuno dei codici di calcolo prevede dei dati di ingresso molto accurati il cui reperimento è spesso di difficile realizzazione se non a prezzo di indagini molto onerose, inoltre è necessario determinare un moto sismico di riferimento su cui basare l'analisi. Per questo motivo, nella realizzazione di un'analisi di sito mediante il metodo geotecnico, spesso devono essere comunque impiegati anche metodi sismologici per arrivare alla stima dei dati necessari alla modellazione.

Qualora si disponga di tutti i dati il metodo consente di ottenere una rappresentazione completa della verticale o della sezione indagata, sia in termini di frequenza di oscillazione che di fattore di amplificazione.



2.6.1 Indicazioni metodologiche della Regione Lombardia

Riprendiamo direttamente dal sito della Regione Lombardia le indicazioni seguenti.

Il D.G.R. n. 8/1566 del 22/12/2005 all'allegato 5 presenta una metodologia per la valutazione delle aree suscettibili di amplificazione sismica, la delibera non stabilisce vincoli, ma indica una procedura semplificata e differenziata per grado di sismicità, secondo tre livelli di approfondimento, ed è basata su studi condotti dal Politecnico di Milano.

La metodologia utilizzata si fonda sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione della Regione Lombardia, i cui risultati sono contenuti in uno "Studio–Pilota" redatto dal Politecnico di Milano – Dip. di Ingegneria Strutturale, reso disponibile sul SIT regionale.

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento:

1° livello: riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti.

Questo livello, obbligatorio per tutti i Comuni, prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo, riportate nella Tabella 1 dell'Allegato 5, in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale - PSL).

2° livello: caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa).

L'applicazione del 2° livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano). Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore (ad es. i comuni in zona 3 utilizzeranno i valori previsti per la zona 2).

Il secondo livello è obbligatorio, per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, nelle aree PSL, individuate attraverso il 1° livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5) e interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica.

Per i Comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato, nelle aree PSL Z3 e Z4, nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della d.g.r. n. 14964/2003; ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e per le zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z1, Z2 e Z5 della Tabella 1 dell'Allegato 5) non è prevista l'applicazione degli studi di 2° livello, ma il passaggio diretto a quelli di 3° livello, come specificato al punto successivo.

3° livello: definizione degli effetti di amplificazioni tramite indagini e analisi più approfondite. Al fine di poter effettuare le analisi di 3° livello la Regione Lombardia ha predisposto due banche dati, rese disponibili sul SIT regionale, il cui utilizzo è dettagliato nell'allegato 5.

Tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi:

- quando, a seguito dell'applicazione del 2° livello, si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale all'interno degli scenari PSL caratterizzati da effetti di amplificazioni morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5);

- in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z1, Z2 e Z5).

Il 3° livello è obbligatorio anche nel caso in cui si stiano progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

Gli approfondimenti di 2° e 3° livello non devono essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica.

Tra le analisi previste per gli approfondimenti del 3° livello la Regione indica tra le altre anche la metodologia strumentale basata su campagne di registrazione eseguite in sito, mediante strumentazioni specifiche (velocimetri o accelerometri), mirate all'acquisizione di rumore di fondo (microtremore) o eventi sismici di magnitudo variabile. Nell'allegato si citano espressamente tra i metodi strumentali i metodi di Nakamura e Kanai e Tanaka.

2.6.2 Metodologia impiegata

Nell'organizzare il lavoro abbiamo posto al centro lo scopo per cui esso è stato commissionato, cioè fornire un supporto conoscitivo all'Amministrazione Comunale nella predisposizione e nella valutazione delle attività da intraprendere per la mitigazione del rischio sismico, sia nella fase della predisposizione dei piani di protezione civile, che, soprattutto, nelle fasi della programmazione dell'uso del territorio.

Per i comuni in classe 4 la normativa regionale prevede la obbligatorietà di realizzare il solo livello di approfondimento 1, cioè il riconoscimento delle aree soggette ad amplificazione sismica su base geologica; tuttavia nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti limitatamente alle aree a PSL Z3 e Z4 è previsto il livello di approfondimento 2, lasciando al comune facoltà di estendere lo studio anche alle altre categorie di edifici. A questo riguardo la metodologia presentata dalla regione Lombardia, semplifica

notevolmente le procedure di individuazione delle zone ad amplificazione sismica, tuttavia nel livello di approfondimento 2 richiede la conoscenza del parametro Vs30 per la discriminazione del passaggio alla ulteriore fase di approfondimento 3. L'acquisizione di tale parametro, esteso a livello comunale, costituisce un ostacolo difficilmente superabile senza le opportune indagini dirette alla sua acquisizione e questo rischia di vanificare anche l'impiego di tutta la procedura semplificata.

Il comune di Ferno rientra in questa situazione, avendo manifestato l'intenzione di effettuare una valutazione della PSL estesa a tutto il territorio comunale con un livello di approfondimento corrispondente al livello 3 della normativa. A questo proposito le indicazioni regionali danno ampia libertà di scelta nella metodologia da seguire contemplando anche l'impiego dei microtremori e la tecnica di Nakamura.

Pertanto nella realizzazione dello studio è stato considerato l'approccio metodologico che prevede l'impiego dei microtremori elaborati mediante la tecnica di Nakamura (HVRS) come specificato in sede europea dal progetto SESAME.

Questa tecnica, quando applicata ai microtremori, consente di stimare la risposta di sito attraverso una valutazione del rapporto spettrale tra la componente orizzontale (*H*), e la componente verticale (*V*) del rumore sismico di fondo. Tale teoria si basa sull'assunzione che questo rapporto tra le componenti dei tremori superficiali rappresenti una buona stima della funzione di trasferimento di sito. Le assunzioni di base, derivate da molteplici esperienze sul campo sono le seguenti:

1. i microtremori sono dovuti a onde di Rayleigh;
2. le sorgenti dei microtremori sono locali, si ignorano quindi eventuali contributi dovuti a sorgenti profonde;
3. la componente verticale (*V*) del rumore non subisce alcuna significativa amplificazione nel passaggio dal substrato roccioso alla superficie attraverso gli strati di sedimento, non presenta quindi alcun fenomeno di amplificazione locale;
4. al bedrock l'ampiezza spettrale delle componenti orizzontale e verticale si assumono uguali (risulta verificato per un range di frequenze molto ampio).

Accettati tali presupposti, si acquisiscono finestre di 14 minuti di rumore sismico che vengono poi finestrate in intervalli di 30 s e corrette per la media, all'interno di ciascuna

finestra viene effettuta la trasformata di Fourier, lisciato lo spettro ottenuto e fatto il rapporto tra le componenti orizzontali e verticali. La funzione ottenuta viene lisciata ulteriormente mediante una finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale. Lo spettro così ottenuto fornisce il valore della frequenza di picco del deposito e la valutazione qualitativa della sua ampiezza.

Uno sviluppo recente della metodologia di Nakamura è la sua applicazione alla valutazione della frequenza propria di oscillazione degli edifici. In questo caso vengono acquisite finestre di rumore ai vari piani dell'edificio (almeno piano terra ed ultimo piano) vengono elaborate come per le misure in esterno, però il rapporto spettrale viene fatto tra le componenti orizzontali del piano terra e quelle dei vari piani. In questo modo per ogni livello si ottiene il modo di vibrazione proprio che viene successivamente confrontato con quello esterno per la stima di eventuali effetti di risonanza o utilizzato in analisi ingegneristiche di tipo modale.

2.6.3. Campagna d'indagine

Tra il 6 ed il 7 Febbraio 2008 è stata condotta una campagna di misure di microtremore sismico per la valutazione dell'amplificazione sismica locale e della frequenza propria di vibrazione dei depositi sedimentari su cui si trova l'abitato di Ferno. Sono state acquisite 40 misure di cui 11 all'interno degli edifici scolastici.

Tutte le misure sono state acquisite con il tromometrografo digitale Tromino, dotato di tre sensori elettrodinamici orientati N-S, E-W e verticale. Lo strumento si presenta compatto senza cavi esterni, al suo interno oltre ai sensori è presente un digitalizzatore a 24 bit ed una memoria di massa per l'archiviazione dei dati. Le caratteristiche salienti dello strumento sono riportate in tabella 1

Numero di canali	3+1 analogici
Amplificatori	tutti canali con input differenziali
Rumore	< 0.5 μV r.m.s. @128 Hz sampling
Impedenza dell'input	10^6 Ohm
Range di frequenze	DC - 360 Hz
Frequenza di campionamento	16384 Hz per canale
Frequenze di sovracampionamento	32x, 64x, 128x
Conversione A/D	equivalente a 24 bit
Massimo input analogico	51.2 mV (781 nV/digit)

Tabella 4 - Caratteristiche del tromometrografo Tromino.

2.6.4 Descrizione misure

Misure eseguite il 06/02/08:

1) Ferno, municipio, h 10:36, misura in esterno su substrato erboso, misura eseguita a distanza dall'edificio e da alberature. Frequenza di picco 7.5 Hz con valore di 1.6, tuttavia il picco si presenta molto piatto con apertura compresa tra 5.5 e 15 Hz.

2) San Macario zona SW, h 11:29, tolta la zolla erbosa, presenza di lieve brezza. Frequenza di picco 4.5 Hz con valore di 1.7.

3) San Macario zona NE, h 11:55, tolta la zolla erbosa, presenza di ghiaia di dimensioni decimetriche, il segnale presenta disturbi ad alte frequenze. Frequenza di picco 7-10 Hz con valore di 2.

4) San Macario zona SE, h 12:17, tolta la zolla erbosa, il terreno si presenta molto ben aerato perché coltivato. Frequenza di picco 8.5 Hz con valore di 2 e secondo picco intorno ai 15 Hz con valore di 2.

5) San Macario zona NW, h 12:51, tolta la zolla erbosa, il terreno si presenta molto ben aerato perché coltivato. Non si evidenzia un picco netto e nemmeno un plateu

convergente su un valore di picco. Lieve picco intorno agli 8 Hz con valore di 1.5. Picco secondario ben distinto tra 40 e 50 Hz.

6) Ferno zona SE via L. Da Vinci, h 13:14, tolta la zolla erbosa, il terreno si presenta molto ben aerato perché coltivato. Plateu tra 3 Hz e 9 Hz con valore di picco 1.5.

7) Ferno via Marzabotto, h 13:37, tolta la zolla erbosa. Plateu tra 3 Hz e 9 Hz con valore di picco 1.5. Picco ben definito a 37 Hz con valore di 3.

8) Ferno cimitero, h 13:57, tolta la zolla erbosa, passaggio di auto. Plateu tra 3.5 Hz e 6 Hz con valore di picco 1.5. Picco ben definito a 26 Hz con valore di 2.5.

9) Ferno via Trieste, h 14:18, tolta la zolla erbosa, il terreno si presenta molto ben aerato perché coltivato, passaggio di auto. Il plateu si risolve in due picchi a 3.9 Hz e 8 Hz con valore rispettivamente di 1.4 e 1.6. Picco ben definito a 35 Hz con valore di 6.

10) Ferno via Matteotti, h 14:41, tolta la zolla erbosa, passaggio di auto. Plateu tra 4 Hz e 10 Hz con valore di picco 1.6. Picco ben definito a 50 Hz con valore di 3.

11) Ferno asilo nido, h 15:05, tolta la zolla erbosa, terreno di riporto con molta ghiaia.. Plateu tra 6 Hz e 10 Hz con valore di picco 1.8.

12) Ferno via Gorizia, h 15:27, tolta la zolla erbosa, grosso disturbo da macchinario.

13) Ferno via De Gasperi, h 15:48, tolta la zolla erbosa, presenza di grosso collettore fognario con acqua corrente a 7 m di distanza dal punto di misura. Picco a 22 Hz con valore di 3.

14) Ferno traversa di via Isonzo, h 16:11, tolta la zolla erbosa, lievemente fuori bolla a SW. Picco 7.5 Hz con valore di 1.8 successivamente lo spettro scende fino a 17 Hz per poi risalire fino a 38 Hz con valore di 2.5.

15) Ferno zona industriale N, h 16:35 lievemente fuori bolla a NE. Picchi ben definiti a 18 Hz con valore di 3 e 33 Hz con valore di 4.

16) Ferno davanti Malpensa, h 16:56 su campo preparato per la semina senza vegetazione. Partiti e atterrati almeno due aerei. Picco ben definito a 20 Hz con valore di 3 ed a 35 Hz con valore di 2.5.

17) Ferno davanti Malpensa, h 17:17, presenza di traffico aereo. Spettro sostanzialmente piatto nelle frequenze di interesse.

Misure eseguite il 07/02/08

18) Ferno parco pubblico vicino Municipio, h 8:07, tolta la zolla erbosa, presenza di traffico veicolare moderato, lieve brezza. Picco ben definito a 34 Hz con valore di 4, picco secondario a 8 Hz, probabile sovreccitazione del vento.

19) Ferno zona S, h 8:30, tolta la zolla erbosa, presenza di lieve brezza. Spettro sostanzialmente piatto nelle frequenze di interesse.

20) Ferno zona S, h 8:50, tolta la zolla erbosa, presenza di lieve brezza. Spettro su valori inferiori ad 1 fino a 5 Hz. Picco a 40 Hz con valore di 2.5.

21) Ferno zona centrale, giardini di via Fiume, h 9:17, tolta la zolla erbosa, terreno di riporto con ghiaie. Picco a 25 Hz con valore di 3.7, picco secondario a 6 Hz con valore di 1.8.

22) Ferno Municipio misura all'interno dell'edificio, h 10:08, piano terra, asse N orientato secondo l'asse principale dell'edificio. Lo spettro evidenzia la presenza del sottosuolo interrato, la misura è stata smoothata all'1%. Plateu tra 3 Hz e 7 Hz con valore di 1.5. Picco secondario intorno a 25 Hz predominante sulla direzione longitudinale con valore fino a 3.

23) Ferno Municipio misura all'interno dell'edificio, h 10:27, piano primo, asse N orientato secondo l'asse principale dell'edificio. La misura è stata smoothata all'1%. Picco a 6.5 Hz con valore di 6.

24) Malpensa Museo aeronautica, h 11:48, tolta la zolla erbosa, terreno di Riporto con ghiaie. Spettro inferiore ad uno nel tratto compreso tra 1 e 6 Hz, successivamente lo spettro sale fino a 15 Hz raggiungendo valore di 2.

25) Malpensa Museo aeronautica, h 12:04. Misura eseguita ad un'altezza di circa 3.7 m sopra l'architrave della porta di ingresso di un edificio industriale a capanna con altezza al pilastro di 7 m. Tetto su intelaiatura metallica ancorata ai pilastri. Asse N orientato in direzione trasversale all'asse principale dell'edificio. La misura è stata smoothata all'1%. Spettro composito fortemente asimmetrico con picchi a 1.5-3.7-5-6.5 Hz in direzione longitudinale all'edificio, picchi a 3.7-5-6.5 Hz in direzione trasversale e molto più bassi (oscillazione della trave sul suo asse corto). Il picco maggiore a 1.5 Hz con valore di quasi 60.

26) Malpensa Museo aeronautica, h 12:16 sotto l'architrave della porta. Orientamento come sopra. La misura è stata smoothata all'1%. Tutto lo spettro si presenta sotto uno.

27) Ferno zona Malpensa, h 12:45 sotto scarpata fluviale a circa 1 m sopra il piano dell'aeroporto, vento moderato, numerosi atterraggi e decolli. Spettro con un picco principale a 16.5 Hz con valore di 2.8 e due picchi minori a 1.6 Hz e 6.5 Hz. Tra 0.8 e 3.5 (a parte il picco) lo spettro si mantiene sotto 1.

28) Ferno scuola elementare Bonetta, h 13:13, piano terra, asse N orientato come asse maggiore dell'edificio. La misura è stata smoothata all'1%. Spettro piatto con valori inferiori a 1 marcati sopra i 10 Hz (presenza di seminterrato).

29) Ferno scuola elementare Bonetta, h 13:28, piano terra, asse N orientato come asse maggiore dell'edificio. La misura è stata smoothata all'1%. Spettro con picco non direzionale a 6.5 Hz con valore di 4, secondo picco trasversale all'edificio a 7.8 Hz con valore di 4.5.

30) Ferno scuola infanzia Castiglioni, h 13:53, piano terra, sensore posizionato su pavimento in plastica lievemente smorzante, asse N orientato come asse maggiore dell'edificio. Presenza di cantina. Spettro piatto con valori mediamente inferiori ad 1, presenza di un picco a 5.2 Hz (più marcato in direzione longitudinale) con valore massimo di 3, secondo picco minore a 9 Hz con valore di 1.5 sulla componente longitudinale.

31) Ferno scuola infanzia Castiglioni, h 14:07, piano primo, asse N orientato come asse maggiore dell'edificio. Presenza di cantina. Spettro con presenza di un picco a 5.3 Hz (più marcato in direzione longitudinale) con valore massimo di 12, secondo picco minore a 4.5 Hz con valore di 5 sulla componente trasversale.

32) Ferno zona W via Monte Cucco, h 14:28, rimossa zolla erbosa il terreno si presenta aerato, lieve brezza. Lo spettro è sotto 1 tra 1 Hz e 8 Hz poi sale fino a valori intorno a 3 a 38 Hz.

33) Ferno scuola elementare Bonetta, h 14:47, misura eseguita in giardino con strumento poggiato non infisso, intorno presenza di alberi di alto fusto. Spettro piatto con valori intorno ad 1.

34) Ferno scuola media, h 15:07, primo piano, asse N longitudinale all'edificio. Spettro asimmetrico con asse longitudinale che presenta un picco intorno a 6.5 Hz con valore fino a 3 ed asse trasversale con picco a 5 Hz con valore fino 3.5.
35) Ferno scuola media, h 15:20, 2° piano, asse N longitudinale all'edificio. Spettro asimmetrico con asse longitudinale che presenta un picco intorno a 6.5 Hz con valore fino a 3.5 ed asse trasversale con picco a 5 Hz con valore fino 5.
36) Ferno scuola media, h 15:34, piano terra a circa 1.5 m sotto al piano campagna, asse N longitudinale all'edificio. Spettro praticamente piatto con direzione trasversale che presenta un picco a 6.3 Hz con valore fino 2.
37) Ferno lato S via Diaz, h 15:53, tolta zolla erbosa passaggio di auto e di treno in corrispondenza del sottopasso posto a circa 30m. Spettro a campana con valore massimo intorno a 6 Hz pari ad 1.8, da 10 Hz a 40 Hz lo spettro è sotto 1.
38) Ferno zona centrale via Minzona, h 16:18, sensore posizionato su bordo strada senza piedini. Spettro praticamente piatto con valori frequentemente sotto 1.
39) Ferno zona centrale lungo via Martiri, h 16:36, tolta la zolla erbosa. Spettro praticamente piatto con valori sotto 1 tra 1 e 6 Hz.
40) Ferno zona N via Gorizia, h 16:54, tolta la zolla erbosa. Spettro con picco a 9 Hz di valore 1.8.

2.6.5. Risultati

Le misure eseguite hanno rilevato una situazione di sostanziale **assenza di amplificazione** nelle frequenze di interesse ingegneristico (1-12 Hz) sia nella zona di Ferno, sia nella zona del Museo dell'aeronautica a Malpensa. Nella zona di San Macario si osservano valori di amplificazione relativamente più elevati, ma comunque tali da non segnalare la presenza di significativi effetti di sito (valori prossimi a 2). Da evidenziare, infatti, che nella metodologia di Nakamura valori di amplificazione (HVSR) minori di 2 possono essere considerare insignificanti. Questo consente di escludere la presenza di potenziali effetti amplificativi legati a situazioni stratigrafiche sull'intero territorio comunale. Per quanto riguarda fenomeni di focalizzazione in prossimità del terrazzo fluviale principale posto ad W

di Ferno, le misure 16 e 27, eseguite rispettivamente sopra e sotto il terrazzo, non mostrano sostanziali differenze entro i 12 Hz.

Entrando nel dettaglio, l'analisi comparata degli spettri ha consentito di individuare delle zone con caratteristiche spettrali omogenee e suscettibili di essere messe in relazione con le caratteristiche più superficiali del sottosuolo. In particolare per l'abitato di Ferno si sono distinti quattro gruppi di misure: quelle eseguite ad W e SW (misure 17-19-20-32-33-38-39) mostrano spettri sostanzialmente piatti; quelle eseguite a N (misure 13-15-16) mostrano picchi tra 18 e 22 Hz; quelle eseguite ad E (misure 6-7-8-9-10-11) mostrano un plateu compreso tra 3 e 10 Hz, come anche le misure eseguite nella frazione di San Macario (2-3-4-5); infine quelle eseguite nella zona centrale (misure 14-18-21-37-40) mostrano picchi isolati tra 6 e 9 Hz, con la 21 che presenta anche un picco a 25 Hz; la misura 1 mostra caratteristiche comuni al gruppo delle misure eseguite in zona centrale ed a quelle del gruppo E.

Nel complesso, mettendo in relazione i contrasti di impedenza con cambi di granulometria nei sedimenti del sottosuolo, possiamo suddividere il territorio in tre macrozone, più una di transizione, in relazione alla presenza o meno di elementi litologici lenticolari di modesto spessore posti in prossimità del p.c. a quote diverse (comunque entro profondità massime variabili tra i -50 ed i -10 m). In particolare la zona W e SW, che per altro non appare in continuità morfologica con quella ad E essendo leggermente più rilevata, risulterebbe priva di livelli a diversa impedenza e quindi più omogenea rispetto alle zone N ed E; la zona N sembra interessata da un livello a diversa impedenza posto a quote dal p.c. molto superficiali (entro 6-9 m); mentre le altre misure presentano caratteristiche compatibili con quelle legate alla presenza di un corpo litologico sfrangiato nella parte centrale che estende le proprie interdigitazioni verso W e verso S.

Per quanto riguarda le misure eseguite all'interno degli edifici, senza entrare nel dettaglio delle caratteristiche strutturali ad essi attribuibili ed analizzabili esclusivamente mediante metodi ingegneristici, possiamo evidenziare i seguenti punti:

- **Museo dell'aeronautica**, la misura è stata eseguita sopra una delle architravi in cemento armato su cui scorrono le porte principali degli edifici industriali all'interno dei quali è stato ricavato il museo. La trave presenta una fortissima oscillazione trasversale

sui 2.5 Hz. In senso longitudinale l'oscillazione è molto meno marcata con picco intorno ai 7 Hz. In caso di sisma con direzionalità spiccata trasversale alla trave in oggetto non si possono escludere fenomeni di risonanza della trave. Niente è possibile argomentare sul comportamento delle coperture in caso di sisma in quanto le misure sono state eseguite a quote più basse rispetto al punto di appoggio del tetto a capanna.

- **Scuola elementare Bonetta**, sono state eseguite misure al piano terra ed al piano ultimo, confrontandole con quella presa in esterno. Il comportamento dell'edificio non mostra asimmetrie particolari, sono evidenti due modi di oscillazione longitudinali a circa 5 Hz e a 6.5 Hz, gli stessi modi sono presenti anche in direzione trasversale anche se con ampiezze leggermente minori specialmente i 5 Hz. La componente verticale si presenta abbastanza piatta. Sopra i 10 Hz appare evidente il picco intorno a 18 Hz e quello intorno a 35 Hz. Non si evidenziano modi di oscillazione in risonanza con le frequenze proprie del suolo.
- **Scuola dell'infanzia Castiglioni**, sono state eseguite misure al piano terra ed al piano ultimo. In senso longitudinale l'edificio mostra una oscillazione intorno a 5.8 Hz, mentre trasversalmente sono presenti due modi di vibrare a 4.5 Hz e 6 Hz. La componente verticale si presenta abbastanza piatta, con due picchi intorno a 3 Hz e intorno a 8.8 Hz, sopra i 10 Hz sono evidenti i picchi intorno a 13 e quello intorno a 21 Hz. Non si evidenziano modi di oscillazione in risonanza con le frequenze proprie del suolo.
- **Scuola media**, sono state eseguite misure al piano terra, al primo piano ed al piano ultimo. In senso longitudinale l'edificio mostra una oscillazione intorno 6.5 Hz, mentre trasversalmente è presente una oscillazione intorno a 7 Hz. La componente verticale si presenta piatta fino a 12 – 13 Hz per poi mostrare un picco intorno 18 Hz. Da segnalare un picco spurio a 9 Hz su tutte le componenti dovuto a disturbi esterni. Non si evidenziano modi di oscillazione in risonanza con le frequenze proprie del suolo.
- **Municipio**, sono state eseguite misure al piano terra ed al piano ultimo. In senso longitudinale l'edificio mostra tre oscillazioni evidenti: la prima tra 7 ed 8 Hz, la seconda a 9 Hz e la terza intorno a 14 Hz, in senso trasversale sono presenti due oscillazioni la prima tra 7 ed 8 Hz e la seconda a 12 Hz . La componente verticale si presenta

sostanzialmente piatta. Non si evidenziano modi di oscillazione in risonanza con le frequenze proprie del suolo.

2.6.6. Indagini MASW30

Al fine di fornire una prima indicazione in merito alla classe sismica dei terreni presenti nel territorio comunale di Ferno, in occasione dei lavori di ampliamento della Scuola Primaria dell'Infanzia di Via Arcobaleno, sono stati eseguiti due stendimenti nel lotto oggetto d'intervento ed è stata misurata la Vs30 tramite la metodologia MASW30.
Lo scopo dell'indagine era di ottenere la stratigrafia di velocità delle onde trasversali Vs da cui ricavare il parametro Vs30
In questo cantiere sono state realizzate 2 prove MASW, ortogonali fra loro, cercando di sfruttare al meglio gli spazi liberi disponibili.
Le caratteristiche delle prove sono:

Nome	Stendimento geofonico (m)	Energizzaz.	Geofoni
M1	46	2	24
M2	46	2	24

Figura 10 - posizione dello stendimento sismico 1

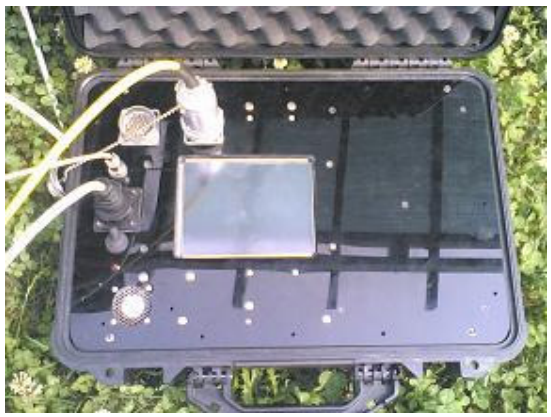
Figura 11 - stendimento sismico 1, l'operatore in posizione di sparo

Figura 12: posizione dello stendimento sismico 2, lo strumento è posto al centro

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (Vs), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidezza superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.



L'intero processo comprende tre passi successivi: L'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Per ottenere un profilo Vs bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale Vs dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Reyleigh, vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane.

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni).

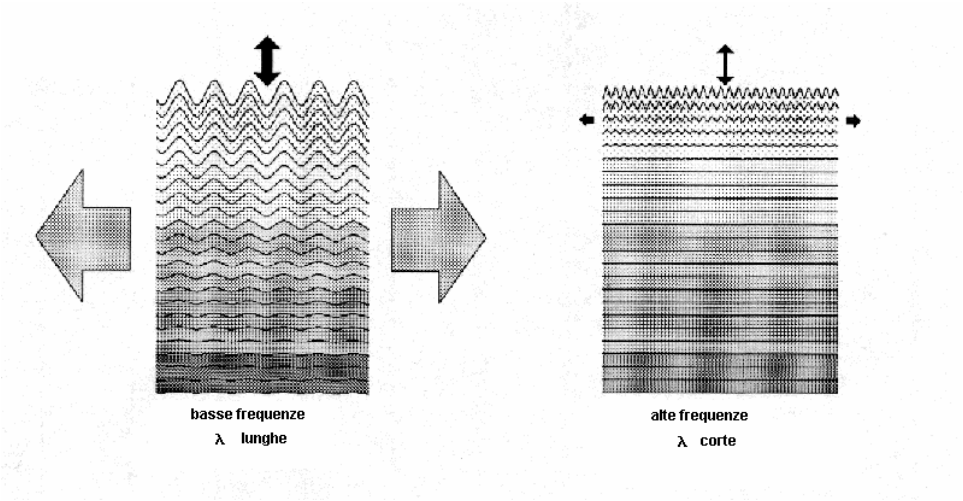
Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

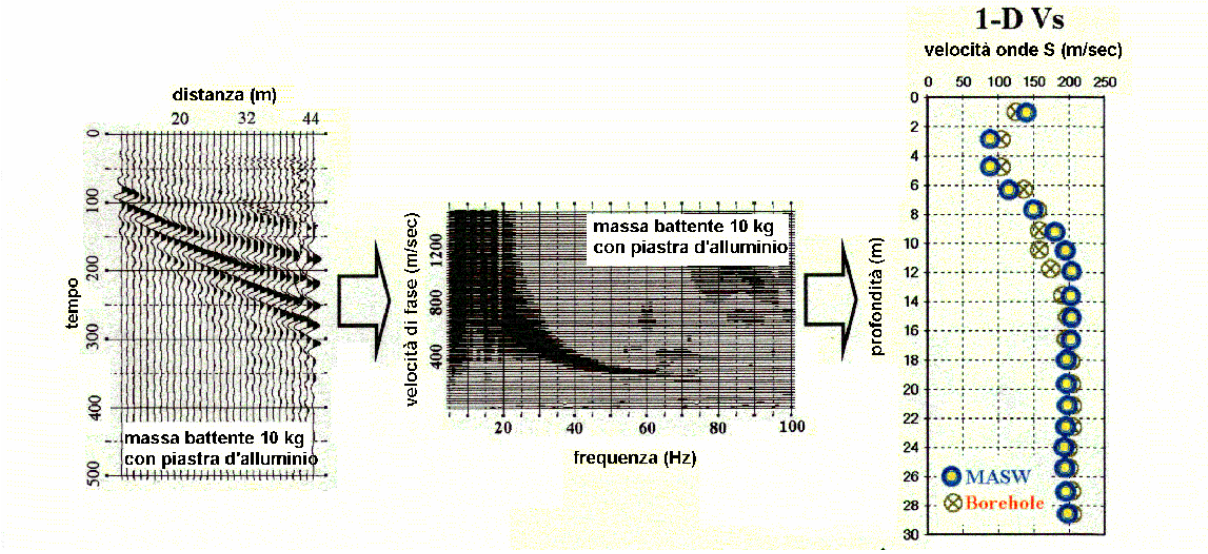
La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza dipendentemente dalla distanza dalla sorgente. La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzazare il rumore durante l'acquisizione. La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza.

La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x; y), il cui legame costituisce la curva di dispersione. E' anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo Vs di inversione.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Però alcune regole operative per MASW sono incompatibili con l'ottimizzazione della riflessione. Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione. MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a bassa frequenza(< 10Hz).



L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (Vs) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.



La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

acquisizione dei dati di campo;

estrazione della curva di dispersione;

inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità

In ciascun allegato sono visibili in alto a sinistra l'immagine di dispersione dell'energia sismica. Al di sotto è riportata l'estrazione della curva di dispersione eseguita sull'immagine precedente.

Ancora sotto sono riportati i grafici relativi al modello del terreno, sia sotto forma di stratificazione Vs (spezzata di colore blu) che di Modulo di Taglio (spezzata verde). Per il calcolo del modulo di taglio è stata usata una formula approssimata per la valutazione del peso di volume, non noto. La formula utilizzata è la seguente:

Peso di Volume = 1,5 + Vs/1000

Poiché il valore del modulo di taglio G in MegaPascal si ottiene dalla formula

G = Vs x Vs x Densità / 10^3

è facile ricalcolare il modulo G esatto quando si disponesse di valori più precisi di densità.

Con una curva di colore rosso è stato tracciato il valore di Vs progressiva.

Dalla curva si può quindi ricavare il valore di Vs10, Vs20 e così via, e quindi anche il valore di Vs30, quest'ultimo ovviamente alla profondità 30.

A destra è visibile il sismogramma mentre in basso è riportato il valore del parametro Vs30 calcolato utilizzando la stratigrafia Vs e la formula

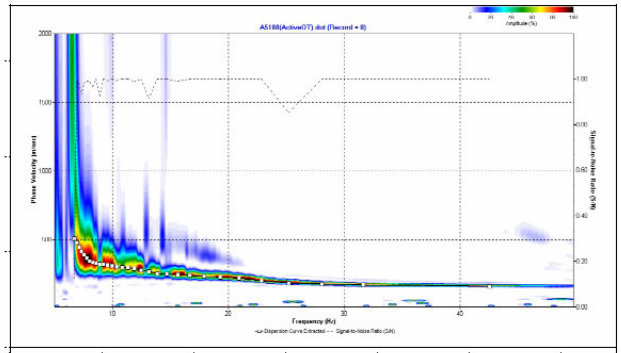
$$VS30 = \frac{30}{\sum_{i=1,N} hi / Vi}$$

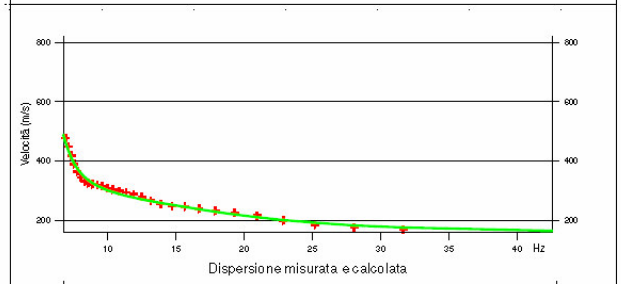
dove hi e Vi indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i – esimo, per un total e di N strati presenti nei 30 m superiori.

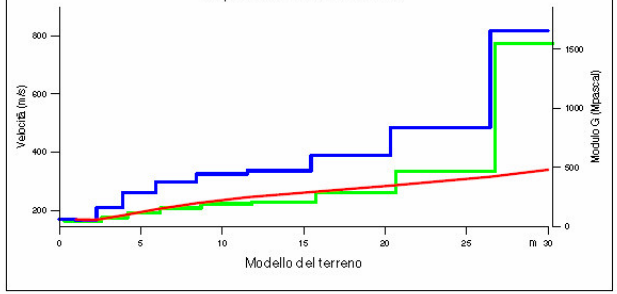
Il sito verrà classificato sulla base del valore di VS30 come riportato nella seguente tabella:

Grado	Classe	Velocità sismica (m/s)
Molto buono	A	VS30 > 800
Buono	B	360 < VS30 < 800
Discreto	**C**	**180 < VS30 < 360**
Sufficiente	D	VS30 < 180
Insufficiente	E	Strati sup. all. (5 – 20 m) tipo C e D soprastanti substrato tipo A
Molto scadente	S1	VS30 < 100
Pessimo	S2	VS30 < 50

La stratigrafia Vs riportata nelle tavole allegate è quella utilizzata per il calcolo del Vs30 ed è sismicamente equivalente e ragionevolmente prossima alla stratigrafia reale anche se probabilmente non esattamente coincidente.







LEGENDA

- Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpascal)
- VsX

Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula D=1.5 + Vs/1000

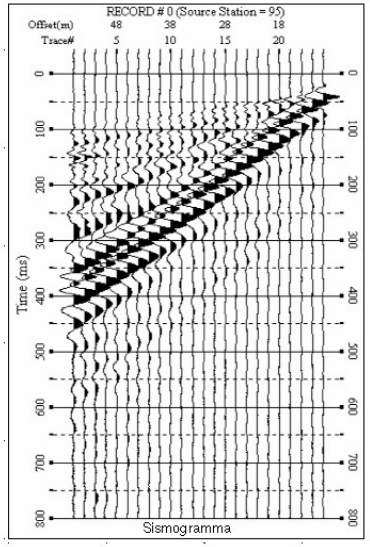
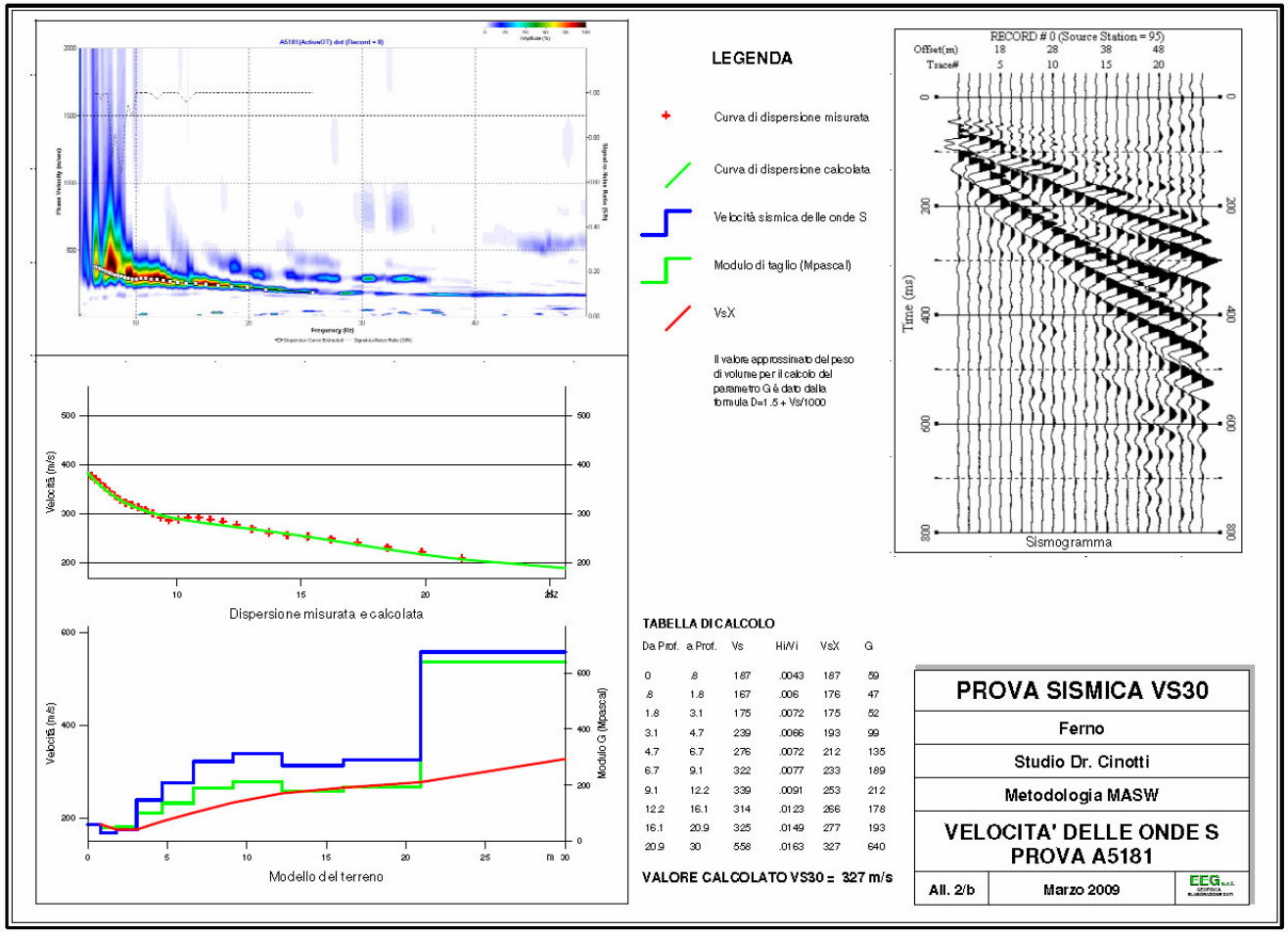


TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	1	168	.0061	168	47
1	2.3	166	.0077	167	46
2.3	3.9	210	.0076	182	76
3.9	5.9	260	.0077	203	119
5.9	8.4	296	.0085	224	158
8.4	11.6	325	.0096	245	192
11.6	15.5	335	.0117	263	207
15.5	20.4	389	.0126	285	286
20.4	26.5	485	.0126	315	467
26.5	30	818	.0043	339	1549

VALORE CALCOLATO VS30 = 339 m/s

PROVA SISMICA VS30		
Ferno		
Studio Dr. Cinotti		
Metodologia MASW		
VELOCITA' DELLE ONDE S PROVA A5180		
All. 2/a	Marzo 2009	EEG


LEGENDA
Curva di dispersione misurata
Curva di dispersione calcolata
Velocità sismica delle onde S
Modulo di taglio (Mpascal)
VsX
Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula D=1.5 + Vs/1000
RECORD # 0 (Source Station = 9.5)
Offset(m) 18 28 38 48
Trace# 5 10 15 20
Time (ms)
Sismogramma
Velocità (m/s)
Dispersione misurata e calcolata
Velocità (m/s)
Modulo G (Mpascal)
Modello del terreno
TABELLA DI CALCOLO
Da Prof. a Prof. Vs Hi/Vi VsX G
0 .8 187 .0043 187 59
.8 1.8 167 .006 176 47
1.8 3.1 175 .0072 175 52
3.1 4.7 239 .0068 193 99
4.7 6.7 276 .0072 212 135
6.7 9.1 322 .0077 233 189
9.1 12.2 339 .0091 253 212
12.2 16.1 314 .0123 266 178
16.1 20.9 325 .0149 277 193
20.9 30 558 .0163 327 640
VALORE CALCOLATO VS30 = 327 m/s
PROVA SISMICA VS30
Ferno
Studio Dr. Cinotti
Metodologia MASW
VELOCITA' DELLE ONDE S
PROVA A5181
All. 2/b
Marzo 2009
EEG

CAPITOLO 3 - LA SINTESI

3.1 – ANALISI GEOLOGICO -TECNICA

Una volta distinte le diverse formazioni in funzione delle caratteristiche litologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche, è possibile effettuare un'ulteriore caratterizzazione in base ai parametri geotecnica.
Questa distinzione è stata effettuata utilizzando sia i dati presenti in bibliografia, sia quelli desunti da prove in situ eseguite direttamente nell'area.

3.1.1 – Descrizione delle unità geologico tecniche

Questa suddivisione operata, non vuole essere esaustiva del problema, ma fornire una prima serie di informazioni al fine di meglio indirizzare la campagna geognostica nell'area.
Sono state individuate le seguenti quattro unità:

Unità	Descrizione	Formazione geologica	Caratteristiche tecniche generali		Indicazioni
A	Strato di alterazione superficiale limoso sabbioso passante a ghiaie e ciottoli a composizione prevalentemente cristallina in matrice sabbiosa	Depositi fluvio – glaciali del Wurm s.l.	Strato di alterazione superficiale compreso fra 0.6 e 2.2 m dal p.c. (mediamente 1.5 metri con aumento dello spessore nelle zone agricole) con **caratteristiche tecniche scadenti**	Rp << 10 – mediamente 1 – 2 colpi/piede	
			Al di sotto unità a **caratteristiche geotecniche buone (da mediamente a molto addensato)**	Rp > 20 Angolo di resistenza al taglio 30° - 32°	Al di sotto dello strato di alterazione superficiale i terreni hanno comportamento incoerente e caratteristiche tecniche buone; valori di capacità portante medio – elevati (generalmente superiori a 100 – 150 KPa) e cedimenti trascurabili. Falda assente.

Unità	Descrizione	Formazione geologica	Caratteristiche tecniche generali		Indicazioni
B	Ghiaie e sabbie in matrice limosa più o meno argillosa, con rari ciottoli, passante a sabbie limose e quindi ad unità sabbioso ghiaiose e ciottolose più consistenti	Depositi fluvio – glaciali del tardo wurmiano – alluvioni antiche	**Unità più superficiale:** spessore 1.5 – 2 m – ghiaiosa a debole addensamento	5 < Rp < 30	Possibilità di avere bassa capacità portante nei primi 4 – 6 metri e cedimenti non compatibili con carichi anche non particolarmente elevati. Dovrà essere valutata la possibilità di eseguire interventi migliorativi delle caratteristiche dei terreni .
			Unità intermedia: livello sabbioso – limoso a deboli caratteristiche tecniche ubicato tra i 2 ed i 4 metri	5 < Rp < 10 Presenza di acqua	
			Unità profonda: intervallo 4 – 6 metri costituita da ghiaie e sabbie con addensamento da medio ad elevato e migliori caratteristiche tecniche	Rp > 20 colpi/piede	
B'	Area in prossimità del Torrente Arno				Possibilità di caratteristiche geotecniche ancora più scadenti con possibili acque di circolazione subsuperficiali

Unità	Descrizione	Formazione geologica	Caratteristiche tecniche generali	Indicazioni
C	Ghiaie e sabbie grossolane con ciottoli eterogenei spesso coperti da uno strato superficiale pedogenizzato a matrice argillosa – sabbiosa di spessore variabile.	Depositi fluvio – glaciali del tardo wurmiano – alluvioni antiche	**Unità più superficiale:** Spessore limitato con caratteristiche geotecniche scadenti **Unità sottostante:** Terreni a caratteristiche geotecniche buone con alta capacità portante, cedimenti trascurabili, falda molto profonda	Al dio sotto dello scotico non esistono particolari problematiche geotecniche, valori di capacità portante elevati.

Unità	Descrizione	Formazione geologica	Caratteristiche tecniche generali	Indicazioni
D	Strato di alterazione superficiale limoso – sabbioso; al di sotto ghiaie e ciottoli a composizione prevalentemente cristallina in matrice sabbiosa	Depositi fluvio – glaciali del Wurm s.l.	Orlo di terrazzo con dicreta pendenza, in lenta evoluzione, interessato da piccole incisioni dovute alle acque incanalate.	Dovranno essere valutate con attenzioni le diverse situazioni geomorfologiche e di stabilità degli orli di terrazzo

3.2 – LA NORMATIVA VIGENTE

Oltre alla pericolosità, per la definitiva valutazione della fattibilità degli interventi sul territorio è di fondamentale importanza mettere in relazione le prescrizioni, le direttive ed i vincoli introdotti dalla normativa vigente con gli studi e le analisi effettuate. Ciò consente, da un lato di assolvere alle richieste della normativa stessa e dall'altro di indicare ulteriori specifiche che possano rendere efficaci, i dettami emanati a livello generale dalle leggi regionali e nazionali.

Questa tavola, vista la necessità progettuale di individuare puntualmente i vincoli ricadenti sul territorio, è stata realizzata alla stessa scala della carta di fattibilità ed allegata ad essa.

In particolare nella tavola della normativa vigente sono stati riconosciuti:

- **Gli ambiti "A","B" e "C" di tutela dei corsi d'acqua** secondo il Piano stralcio di Assetto Idrogeologico del Po;
- **Le zone di rispetto intorno alle opere di captazione** delle acque destinate al consumo umano secondo il testo unico ambientale (D.Lgs. n°152/06);
- **Le fasce di rispetto** relative ai corsi d'acqua previsti dal R.D. 523/1904;

Lo studio idraulico, denominato ***"Studio geologico ed idrogeologico per la ridefinizione e regolamentazione di aree soggette a P.A.I.",*** redatto dalla **GEDA s.n.c**, nel Novembre 2002, affianca queste indagini geologiche, al fine di soddisfare le esigenze di pianificazione anche in relazione ai contenuti del PAI.

3.3 - LA CARTA DI SINTESI

La carta di sintesi rappresenta l'interpretazione degli elementi fisici, morfologici e idrogeologici, naturali ed artificiali, che per proprie caratteristiche funzionali e/o per lo stato di efficienza in cui sono mantenuti possono determinare un "dissesto più o meno grave" o comunque rappresentano un punto di debolezza del territorio. Per esempio gli attraversamenti degli argini che determinano un restringimento della sezione dell'alveo, oppure, la presenza di un pozzo abbandonato non richiuso, l'interruzione di un fosso di scolo delle acque, lo sbarramento di un rilevato, la soggiacenza della falda a poca

profondità, gli accumuli detritici alla base delle pendici impongono un'attenzione particolare riguardo al verificarsi delle esondazioni, alla salvaguardia della falda, al deflusso superficiale delle acque, alla stabilità dei pendii e via dicendo. La finalità che si vuole raggiungere è quella di fornire, a chiunque dovrà operare sul territorio, un riferimento sufficientemente dettagliato affinché in fase progettuale si possa adeguare la struttura e la funzionalità dell'intervento al contesto specifico in cui è inserito.
La carta di sintesi e la carta dei vincoli esistenti, costituiscono gli elaborati di sintesi per l'interpretazione della pericolosità; essi forniscono quindi il quadro generale di riferimento per la realizzazione dei nuovi progetti e delle nuove previsioni urbanistiche.
Nella carta della pericolosità sono rappresentate le situazioni naturali predisponenti il dissesto e le pratiche antropiche che possono innescarlo. Queste informazioni, consentono la valutazione del livello di pericolosità raggiunto nelle diverse parti del territorio.

3.3.1 – Gli elementi di sintesi

Dalle analisi dei caratteri fisici, morfologici, idrogeologici e dei modi in cui le attività antropiche si relazionano ad essi, è stato possibile riconoscere i fattori principali che portano all'individuazione del grado di pericolosità di una certa area.
In questa tavola si sintetizzano tutti gli elementi puntuali, naturali ed artificiali, che determinano o possono determinare nel tempo un dissesto o un aggravio di una situazione già problematica.
I fattori di rischi derivano principalmente dall'assetto fisico e morfologico delineato nella carta geomorfologica.
In riferimento ai contenuti della deliberazione della Giunta Regionale n° 1566/05, come modificata dalla D.G.R. 7374/08, sono state individuate le seguenti aree:

- AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITÀ DEI VERSANTI -

Aree a franosità superficiale attiva diffusa (scivolamenti, soliflusso etc.).

Lungo il margine occidentale dell'abitato di Ferno, in prossimità degli spazi aeroportuali, è presente un margine di scarpata naturale potenzialmente soggetta a fenomeni di scivolamento anche se interessanti solamente le porzioni più superficiali.

- AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO -

Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile.

Sono rappresentate alle aree di tutela assoluta e di rispetto, quest'ultima delimitata in base al criterio geometrico.

- AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO -

Aree adiacenti ai corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione.

Sono state inserite in questa categoria tutti i terreni esterni al ciglio di sponda dei corsi d'acqua perenni e non con un'ampiezza pari a 10 metri secondo quanto definito dal R.D. 523/1904.

Aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili.

Sono state cartografate le aree che risultano allagate, in base allo "*Studio geologico ed idrogeologico per la ridefinizione e regolamentazione di aree soggette a P.A.I.*"redatto dalla GEDA s.n.c., con Tempo di Ritorno pari a 100 anni.

Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza.

Sono state cartografate le aree che, in base allo ***"Studio geologico ed idrogeologico per la ridefinizione e regolamentazione di aree soggette a P.A.I."*** risultavano allagate con Tempo di Ritorno pari a 500 anni.

- AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE -

Aree prevalentemente limo – argillose con limitata capacità portante.

Sono state cartografate le aree che a causa di sfavorevoli condizioni litologiche, possono presentare bassa capacità portante.

Aree con riporti di materiale, aree colmate.

In questa categoria sono state ricompresse le aree utlizzate come cave, ed oggi riempite o quelle che, negli anni passati, sono state oggetto di riempimento con RSU o altri materiale.

CAPITOLO 4 - LA GESTIONE DEL TERRITORIO

4.1 LA CARTA DI FATTIBILITÀ E DELLE AZIONI DI PIANO

Secondo quanto indicato dalla normativa vigente, la carta della fattibilità scaturisce dall'attribuzione, a ciascun elemento della carta di sintesi, di un valore di ingresso. Tale valore può, successivamente, essere aumentato o diminuito secondo le scelte motivate del progettista.

La carta di fattibilità risulta pertanto una carta di pericolosità che fornisce, in aggiunta, indicazioni in merito alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio, alle prescrizioni per gli interventi urbanistici, agli studi ed approfondimenti necessari alle opere di mitigazione del rischio ed alle necessità di controllo dei fenomeni in atto e potenziali.

In questa ottica, si è cercato di pervenire a una dettagliata definizione della carta di sintesi e quindi alla individuazione di una serie di indicazioni normativa per la fattibilità in modo da non perdere le specifiche informazioni geologiche.

Dobbiamo comunque tenere in considerazione il fatto che, nella realtà, la delimitazione cartografica dele aree con diversa pericolosità, non dovrà essere applicata letteralmente. A tal fine, per interventi che ricadono in un intorno significativo di queste zone di confine, dovranno essere eseguiti tutti i necessari approfondimenti d'indagine necessari a delimitare il fenomeno e la relativa pericolosità.

Infatti l'individuazione delle aree caratteristiche, articolando la fattibilità per temi specifici, consente di limitare il grado di approssimazione nella definizione del *rischio/fattibilità* suggerendo anche le indagini specifiche e le soluzioni progettuali da adottare per la mitigazione del rischio stesso.

Il riconoscimento delle diverse cause e dei livelli di fattibilità, ha lo scopo quindi, di "costringere" a confrontare, con le caratteristiche specifiche dei luoghi, qualsiasi tipo di intervento al fine di non innescare o aggravare situazioni già critiche.

Oltre alle dimensioni e alla tipologia dell'intervento, il progetto dovrà considerare, ad esempio, lo schema generale delle acque, indicarne i recapiti e i volumi nel caso di

ampie impermeabilizzazioni, valutare l'effettiva profondità della falda in relazione ai piani interrati, assicurare la copertura vegetale o un'adeguata sistemazione idraulica dei terreni in pendenza.

Per agevolare la verifica del corretto inserimento di un progetto nello specifico contesto ambientale, si indicano gli elaborati tecnici da presentare per la richiesta di concessione edilizia o denuncia di inizio attività, che dovranno rispondere ai "quesiti" posti dalla pericolosità.

4.1.1 – La fattibilità degli interventi urbanistici e edilizi

Qui di seguito si riporta la tabella che esprime i valori della fattibilità attribuita ai diversi tipi d'intervento previsti dal Piano in relazione alle caratteristiche di pericolosità del territorio.

Le specificazioni permettono poi di valutare, in funzione del tipo di intervento e delle conseguenti interferenze con il territorio circostante, le operazioni da compiere per non aggravare situazioni problematiche al suo intorno e, nei limiti del possibile, contribuire a migliorarle.

Sulla base dei risultati delle indagini eseguite e delle elaborazioni cartografiche schematizzate nelle CARTE DI SINTESI e DEI VINCOLI DI CARATTERE GEOLOGICO, attraverso la valutazione incrociata degli elementi caratteristici del territorio, si perviene alla ZONAZIONE del territorio.

Gli elementi individuati quali fattori caratterizzanti per la formulazione di proposte di suddivisione del territorio in CLASSI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA sono:

FENOMENI GEOMORFOLOGICI ATTIVI E POTENZIALI

CARATTERI IDROGRAFICI

FATTORI ANTROPICI

VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA

AREE DI RISPETTO PER POZZI AD USO POTABILE

VINCOLI NORMATIVI DI NATURA GEOLOGICA

In funzione della presenza di uno o più elementi sopra esposti, vengono delimitate porzioni di territorio con differente CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA.

Secondo quanto previsto dalla normativa regionale vigente in materia, si individuano QUATTRO classi di FATTIBILITA' GEOLOGICA così definite:

CLASSE 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni

CLASSE 2 - Fattibilità con modeste limitazioni

CLASSE 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni

CLASSE 4 - Fattibilità con gravi limitazioni

CLASSE 1

FATTIBILITA' SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI

" In questa classe ricadono le aree per le quali gli studi non hanno individuato specifiche controindicazioni di carattere geologico all'urbanizzazione o alla modifica di destinazione d'uso dell'area"

AMBITO TERRITORIALE

Alla Classe 1 non viene ascritta alcuna porzione del territorio comunale di Ferno.

CLASSE 2 (colore giallo)

FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI

Fattibilità 2 - Situazioni che non determinano particolari condizioni di attuazione

In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate puntuali o ridotte condizioni limitative alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, per superare le quali, si rende necessario realizzare approfondimenti di carattere geologico - tecnico o idrogeologico, finalizzati alla realizzazione di eventuali opere di sistemazione e bonifica, le quali non dovranno incidere negativamente sulle aree limitrofe.

Sono rappresentate da tutte le aree nelle quali non insistono particolari fenomeni di origine fisica e antropica da tenere in considerazione con adeguate soluzioni da adottare a livello progettuale.

AMBITO TERRITORIALE

Alla CLASSE 2 vengono ascritte:

- la porzione principale del CENTRO ABITATO di Ferno;
- estese porzioni di territorio all'ESTERNO del CENTRO ABITATO nei settori Centro-Orientale, Settentrionale e Meridionale del Comune:

Il territorio in Classe 2 del centro abitato di Ferno e delle aree contermini rispettivamente nei settori Centro-Orientale, Settentrionale e Meridionale è caratterizzato da condizioni di Vulnerabilità Idrogeologica intrinseca di entità Media.

Ai fini delle destinazioni d'uso, le caratteristiche geotecniche in Classe 2 non assumono una particolare valenza, fatto salvo che, in riferimento alla tipologia ed alla funzione (o destinazione) dell'intervento edificatorio, dovranno essere valutate le condizioni geotecniche, idrogeologiche e sismiche ai fini della corretta progettazione.

In particolare, per le Opere strategiche e rilevanti (d.d.u.o. n. 19904/2003) nel territorio in Classe 2 si dovranno approntare analisi sismiche di 3° LIVELLO nei casi

richiesti in base alle risultanze dell'indagine eseguita ai sensi della DGR 8/1566/2005 (si veda in proposito il successivo paragrafo 6.2).

Ovunque, dovrà essere applicato quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le costruzioni" (o dalle disposizioni ancora applicabili sino al termine del periodo transitorio) per la pianificazione attuativa e per la progettazione esecutiva di opere pubbliche e private.

Tutti gli approfondimenti geologici richiesti per tale classe di fattibilità dovranno essere prodotti contestualmente alle richieste di "permesso di costruire" o "DIA" e valutati di conseguenza prima del rilascio di tali permessi.

PRESCRIZIONI

DESTINAZIONI D'USO

In ambito urbano ed extraurbano, quanto previsto dallo strumento urbanistico, e più precisamente:

PORZIONE PRINCIPALE DEL CENTRO ABITATO e PORZIONI DI TERRITORIO ALL'ESTERNO DEL CENTRO ABITATO IN POSIZIONE CENTRO-ORIENTALE, SETTENTRIONALE E MERIDIONALE del Comune: le eventuali nuove edificazioni, anche di tipologia singola e privata, soprattutto se comportano piani interrati, box sotterranei, ecc., gli ampliamenti degli edifici esistenti (oltre agli interventi di demolizione e ricostruzione totale o parziale e interventi strutturali di consolidamento delle fondazioni), le opere di interesse pubblico quali sedi di edifici pubblici, infrastrutture viarie e ferroviarie, gallerie, ponti o cavalcavia, reti di servizi sotterranei ed aerei, ecc., dovranno essere valutate puntualmente in riferimento alle specifiche condizioni geotecniche, sismiche ed idrogeologiche.

INDAGINI E STUDI

Indagini geotecnico-idrogeologiche e sismiche puntuali relativamente a nuovi interventi edificatori di cui alle tipologie sopraindicate ed agli ampliamenti, ricostruzioni e

consolidamenti delle strutture/edifici esistenti, ai fini della determinazione delle caratteristiche geotecniche, idrogeologiche e sismiche dei terreni di fondazione.
Si dovranno determinare, mediante specifica indagine da redigere a cura del richiedente, le condizioni di permeabilità dei terreni che consentiranno di valutare tecnicamente l'opportunità di smaltire in sotterraneo le acque meteoriche, nei casi previsti dalle norme vigenti.
Ovunque in Classe 2, quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le costruzioni" (o dalle disposizioni ancora applicabili sino al termine del periodo transitorio) per la pianificazione attuativa e per la progettazione esecutiva di opere pubbliche e private.
Per tutte le opere edilizie di nuova realizzazione (manufatti, edifici, infrastrutture tecnologiche, stradali, ecc.) è obbligatoria la relazione geologica; la stessa dovrà evidenziare, mediante supplementi d'indagine di natura geologico-tecnica, geotecnica e/o idrogeologica (in relazione allo specifico ambito territoriale), la compatibilità dell'intervento con le situazioni di reale o potenziale dissesto.
Inoltre dovranno essere altresì indicate le prescrizioni tecniche al fine di realizzare idonee tipologie costruttive nonché opere di sistemazione e bonifica.

OPERE DI RIDUZIONE DEL RISCHIO

In ambito urbano ed in ambito produttivo-terziario, completamento degli eventuali sistemi di collettamento e depurazione, allacciamento alla rete fognaria delle porzioni non ancora servite; censimento e bonifica degli eventuali, residui pozzi perdenti.
Sulla base delle risultanze degli studi/indagini del precedente paragrafo, le nuove edificazioni, gli ampliamenti e le opere infrastrutturali compatibili con la Classe di Fattibilità 2 dovranno prevedere interventi finalizzati alla eliminazione del dissesto geotecnico ed idrogeologico; le suddette opere dovranno essere realizzate in accordo con l'Amministrazione Comunale e con gli uffici competenti.

CLASSE 3 (colore arancione)

FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, per l'entità e la natura dei rischi individuati nell'area di studio o nell'immediato intorno. Il professionista dovrà pertanto:

- a) definire puntualmente le prescrizioni per gli eventuali interventi urbanistici in funzione della tipologia del fenomeno sia per le opere di mitigazione del rischi, sia per le specifiche costruttive degli interventi edificatori;
- b) realizzare le indagine necessarie per acquisire una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno, mediante campagne geognostiche, prove in situ e di laboratorio, nonché mediante studi tematici specifici di varia natura (idrogeologici, idraulici, ambientali, pedologici ecc.). Ciò dovrà consentire di precisare le idonee destinazioni d'uso, le volumetrie ammissibili, le tipologie costruttive più opportune, nonché le opere di sistemazione e bonifica.

Per l'edificato esistente, dovranno essere fornite indicazioni in merito alle indagini da eseguire per la progettazione e realizzazione delle opere di difesa, sistemazione idrogeologica e degli eventuali interventi di mitigazione degli effetti negativi indotti dall'edificato. Potranno inoltre essere predisposti, idonei sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto o indotti dall'intervento.

In carta sono state evidenziate le tipologie dei fenomeni che concorrono all'inserimento delle aree nella specifica classe individuando eventualmente le sottoclassi.

I fenomeni di 'dissesto' coinvolti in questa classe, sono determinati da condizioni specifiche di degrado o possono essere innescati e aggravati dal cattivo funzionamento dei manufatti che interagiscono con le dinamiche e gli assetti idrogeomorfologici. Tuttavia, il loro grado di pericolosità, è tale da non imporre dei progetti "radicali" di bonifica, adottando delle soluzioni, a livello progettuale, che possono annullare gli effetti negativi.

La mancanza di un'adeguata copertura vegetale, l'accumulo detritico, l'erosione superficiale diffusa, l'erosione superficiale di origine antropica (pascolo, fuoristrada etc.) saranno da tenere sotto controllo prevedendo adeguate sistemazioni secondo il seguente schema:

Per gli interventi edilizi, urbanistici, d'utilizzo del suolo e per i progetti di mantenimento delle condizioni fisiche e ambientali e di regimazione idraulica, vigono le seguenti prescrizioni:

- La classificazione e la perimetrazione delle aree può essere soggette a variazioni a seguito di documentate argomentazioni e studi idrologico-idraulici che dimostrino l'assenza delle condizioni di rischio per eventi di piena con tempi di ritorno T 100 e T 500 anni. Tali revisioni saranno comunque soggette a procedure di variante urbanistica.
- La disciplina e gli interventi in tali zone devono comunque essere finalizzati al mantenimento ed al miglioramento delle condizioni fisiche ed ambientali esistenti. Costituiscono eccezione interventi di trasformazione edilizia ed urbanistica legati alla realizzazione di strutture e/o infrastrutture di pubblica utilità e/o interesse e opere pubbliche.
- Trasformazioni urbanistiche d'altra natura dovranno discendere da valutazioni idrauliche esaurienti ai sensi della vigente normativa.
- Le aree dovranno essere assoggettate a nuova verifica idraulica nel caso di cambiamenti morfologici. Per gli interventi edilizi e/o urbanistici vige l'obbligo di effettuare la verifica idraulica secondo i disposti della normativa vigente. In caso d'esito negativo della verifica, per gli interventi edilizi-urbanistici, dovranno essere predisposti specifici programmi d'intervento per la riduzione del rischio idraulico.
- Al fine di tutelare l'incolumità dell'utente, per le nuove eventuali costruzioni si prescrive quanto segue:
    - realizzare le superfici abitabili, le aree sede dei processi industriali, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi dei materiali sopraelevati rispetto al livello della piena di riferimento;

- realizzare le aperture degli edifici al di sotto del livello di piena a tenuta stagna; disporre gli ingressi in modo che non siano perpendicolari al flusso principale della corrente;
- progettare la viabilità minore interna e la disposizione dei fabbricati così da limitare allineamenti di grande lunghezza nel senso dello scorrimento delle acque che potrebbero indurre la creazione di canali di scorrimento a forte velocità;
- progettare la disposizione dei fabbricati in modo da limitare la presenza di lunghe strutture trasversali alla corrente principale;
- favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo;
- non dovranno essere realizzate caldaie o altri impianti tecnologici a livello di piani interrati e/o scantinati;
- non potranno essere realizzati impianti elettrici con livello di protezione inferiore ad IP 65 in piani interrati e/o scantinati;
- è vietata la chiusura dei piani interrati con basculamenti in quanto in caso d'allagamento l'apertura potrà essere impedita dalla pressione dell'acqua;
- gli impianti elettrici dei piani interrati dovranno essere dotati di centralina d'allarme per il rilevamento della presenza d'acqua che tolga la tensione al piano in caso d'allagamento e di dispositivo che impedisca la discesa dell'ascensore a tali piani interrati e/o scantinati;
- poiché, in ogni caso, potrebbero verificarsi fenomeni di ristagno per ridotto funzionamento della rete drenante superficiale, i locali interrati dovranno essere impermeabilizzati, così come si dovrà provvedere a munire le rampe d'accesso di paratoia opportunamente posizionata e di facile e rapida possibilità di manovra;
- detti piani interrati dovranno essere muniti di pozzetto con pompa sollevante a livello dotata di generatore autonomo ubicato al piano terra.

Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C) del T. Arno

In questa sottoclasse è compresa la Fascia C definita nel Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI).

Nelle aree così classificate gli interventi di nuova edificazione, di ricostruzione e di ampliamento in planimetria sono sconsigliati, o comunque subordinati a verifica idraulica del deflusso della portata di piena del T. Arno nel tratto interessato dall'intervento ed alla realizzazione, se necessario, di opere di difesa nei confronti delle acque di piena, per non compromettere la sicurezza delle aree circostanti. Nel caso siano già presenti opere di difesa, se ne dovrà verificare il corretto dimensionamento e lo stato di manutenzione.

Area potenzialmente allagabili del T. Arno, individuate in base alla morfologia dei luoghi ed alla memoria degli eventi verificatisi in passato

Si tratta di aree situate nella piana di divagazione del T. Arno, in posizione debolmente rilevata rispetto a quelle classificate come 4 (Fascia A, Fascia B) e 3 (Fascia C).

In queste aree i progetti relativi a :

- nuova edificazione,
- ricostruzione,
- ampliamento in pianta,
- manutenzione straordinaria

saranno subordinati a verifica idraulica del deflusso della portata del Torrente Arno nel tratto interessato dall'intervento ed alla realizzazione, se necessario, di opere di difesa nei confronti delle acque di piena, tali da non compromettere la sicurezza delle zone circostanti.

Nel caso siano già presenti opere di difesa, se ne dovrà verificare il corretto dimensionamento e lo stato di manutenzione.

Zona di rispetto dei pozzi comunali

La zona di rispetto del pozzo comunale ha un'estensione di 200 m di raggio rispetto al punto di captazione. Al suo interno il decreto legislativo 152/06, prevede limitazioni e divieti per l'inserimento di nuove attività.

Scarpata morfologica zona occidentale – Area Malpensa

La zona in esame limita il terrazzo morfologico su cui sorge l'aerostazione di Malpensa e si sviluppa in direzione N –S nella porzione occidentale dell'abitato di Ferno.

Vista la difficoltà connessa alla delimitazione cartografica esatta dell'eventuale cuneo di distacco legato a possibili movimenti gravitativi innescati dall'attività edilizia in progetto, in aggiunta alla relazione geologica e geotecnica richiesta dal Nuovo Testo Unico delle Costruzioni, per ogni intervento edificatorio realizzato su lotti prospettanti la scarpata, dovrà essere eseguita una verifica di stabilità del pendio sotteso con individuazione del più probabile limite di distacco. La costruzione in esame dovrà mantenere da questo una distanza non inferiore a metri 5 o comunque tale da garantire idonee condizioni di sicurezza.

Ovunque in Classe 3, dovrà essere applicato quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le costruzioni" o dalle disposizioni ancora applicabili sino al termine del periodo transitorio) per la pianificazione attuativa e per la progettazione esecutiva di opere pubbliche e private.

Localmente, con riferimento alla tipologia ed alla funzione (o destinazione) dell'intervento edificatorio, dovranno essere valutate le condizioni geotecniche, idrogeologiche e sismiche ai fini della corretta progettazione.

In particolare, per le Opere strategiche e rilevanti (d.d.u.o. n. 19904/2003) nel territorio in Classe 3 si dovranno approntare analisi sismiche di 3° LIVELLO nei casi richiesti in base alle risultanze dell'indagine eseguita ai sensi della DGR 8/1566/2005 .

Tutti gli approfondimenti geologici richiesti per tale classe di fattibilità dovranno essere prodotti contestualmente alle richieste di "permesso di costruire" o "DIA" e valutati di conseguenza prima del rilascio ditali permessi.

PRESCRIZIONI

DESTINAZIONI D'USO

In ambito urbano ed extraurbano, quanto previsto dallo strumento urbanistico, e più precisamente:

Nelle aree di rispetto dei POZZI IDROPOTABILI pubblici con estensione di raggio pari a 200 m dal pozzo, o ridelimitate secondo la D.G.R. n. 15137/1996, sono vietate le seguenti attività o destinazioni (D.Lgs. 152/2006):

- Dispersione di acque reflue e fanghi, anche se depurati;
- Accumulo di concimi chimici, fertilizzanti e pesticidi;
- Spandimento di concimi chimici, fertilizzanti e pesticidi (salvo quanto indicato in specifici piani di utilizzazione);
- Dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali o strade;
- Aree cimiteriali;
- Apertura di cave in connessione con la falda
- Apertura di pozzi, ad eccezione di quelli idropotabili e di quelli finalizzati alla tutela della caratteristiche qualitative della risorsa;
- Gestione di rifiuti;
- Stoccaggio di prodotti e sostanze chimiche pericolose, sostanze radioattive;
- Centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- Pozzi perdenti;
- Pascolo e stabulazione del bestiame.

La Regione disciplina, all'interno delle aree di rispetto, le seguenti attività e strutture:

- Fognature,

- Edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;
- Opere viarie, ferroviarie ed in genere infrastrutture di servizio;
- Pratiche agronomiche e piani di utilizzazione per concimi, fertilizzanti e pesticidi.

AREA DI ESONDAZIONE DEL FIUME ARNO, ovvero "FASCIA FLUVIALE B" del PAI: auspicabili destinazioni d'uso agricole in virtù delle condizioni di dissesto idrografico Molto Elevate.

Nell'ipotesi di limitati interventi edificatori, non sono ammessi quelli che comportino (art. 30 delle NTA del PAI) :

- una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di invaso in area idraulicamente equivalente;
- la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 5 febbario 1997, n. 22, fatto salvo quanto previsto all'art. 29, comma 3, let. l;
- In presenza di argini, interventi e strutture che tendano a orientare la corrente verso il rilevato e scavi o abbassamenti del piano di campagna che possano compromettere la stabilità delle fondazioni dell'argine.

Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.

Sono consentiti, oltre agli interventi di cui al comma 3 dell'art. 29, i seguenti:

- gli interventi di sistemazione idraulica quali argini o casse di espansione e ogni altra misura idraulica atta ad incidere sulle dinamiche fluviali, solo se compatibili con l'assetto di progetto dell'alveo derivante dalla delimitazione della fascia;
- gli impianti di trattamento d'acque reflue, qualora sia dimostrata l'impossibilità della loro localizzazione al di fuori delle fasce, nonché gli ampliamenti e messa in sicurezza di quelli esistenti; i relativi interventi sono soggetti a parere di

compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti del successivo art. 38, espresso anche sulla base di quanto previsto all'art. 38 bis;

- la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente;
- l'accumulo temporaneo di letame per uso agronomico e la realizzazione di contenitori per il trattamento e/o stoccaggio degli effluenti zootecnici, ferme restando le disposizioni all'art. 38 del D.Lgs.152/1999 e successive modifiche e integrazioni;
- il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti dell'art. 38, espresso anche sulla base di quanto previsto all'art. 38 bis.

INDAGINI E STUDI

AREA DI ESONDAZIONE DEL FIUME ARNO, ovvero "FASCIA FLUVIALE B" del PAI:

le indagini e gli studi che dovranno accompagnare i progetti degli interventi compatibili di cui al precedente paragrafo dovranno provare, mediante specifici approfondimenti:

- la compatibilità idraulica dell'intervento con le condizioni di dissesto e pericolosità idrologica;
- il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area;
- l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti;
- l'assenza di interferenze negative con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.

Ovunque in Classe 3, quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le costruzioni" (o dalle disposizioni ancora applicabili sino al termine del periodo

transitorio) per la pianificazione attuativa e per la progettazione esecutiva di opere pubbliche e private.

Per tutte le opere edilizie di nuova realizzazione (manufatti, edifici, strutture pertinenziali, infrastrutture tecnologiche, stradali, ecc.) è obbligatoria la relazione geologica; la stessa dovrà evidenziare mediante supplementi d'indagine di natura geologico-tecnica, geotecnica e/o idrogeologica (in relazione allo specifico ambito territoriale), la compatibilità dell'intervento con le situazioni di reale o potenziale dissesto.

Inoltre dovranno essere altresì indicate le prescrizioni tecniche al fin di realizzare idonee tipologie costruttive nonché opere di sistemazione e bonifica.

Per quanto concerne l'edificato esistente è richiesta la relazione geologica a supporto della pratica edilizia per i seguenti casi: ampliamento del manufatto o del fabbricato; demolizione totale parziale con ricostruzione del manufatto/fabbricato; interventi strutturali di consolidamento sulle fondazioni esistenti.

OPERE DI RIDUZIONE DEL RISCHIO

In ambito urbano ed in ambito produttivo-terziario, completamento degli eventuali sistemi di collettamento e depurazione, allacciamento alla rete fognaria delle porzioni non ancora servite; censimento e bonifica degli eventuali residui pozzi perdenti.

CLASSE 4 (colore rosso scuro)

FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI

L'alto rischio comporta gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso delle particelle.

Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti saranno consentiti esclusivamente interventi così come definiti dall'art. 27, lettere a), b), c) della legge regionale 12/05. Si dovranno inoltre fornire indicazioni in merito alle opere di sistemazione idrogeologica e, dovrà essere valutata la necessità di predisporre sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto. Eventuali opere pubbliche e di interesse pubblico potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili e dovranno comunque essere puntualmente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambio di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, dovrà essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Fascia di deflusso della piena (Fascia A) e fascia di esondazione del Torrente Arno (Fascia B e C con limite di progetto)

Sono comprese in questa sottoclasse la Fascia A e la Fascia B definite nel Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI).

All'interno si applicano le norme previste dagli articoli 29 e 30 delle Norme di attuazione del PAI.

Zona di tutela assoluta dei pozzi collegati all'acquedotto comunale

La zona di tutela assoluta dei pozzi deve circondare la captazione con un'estensione di raggio non inferiore a 10 m.

Le relazioni di cui ai punti precedenti relativi alle differenti classi di fattibilità non sono richieste per gli interventi di ordinaria e straordinaria manutenzione, risanamento conservativo.

Sarà cura del progettista ottemperare, in fase esecutiva, a quanto disposto del progetto esecutivo e dalle norme tecniche del Testo Unco delle Costruzioni.

Fasce di rispetto dei corsi d'acqua.

Per corsi d'acqua s'intendono, ai fini dell'applicazione della presente norma, quelli a carattere costante a cielo aperto, a carattere stagionale a cielo aperto; tombotti completamente o parzialmente. Sono altresì inclusi gli alvei dei torrenti con andamento stagionale o episodico; il reticolo idrico principe, la rete di bonifica ed irrigazione e il reticolo idrico minore.

Su ambedue le sponde dei corsi d'acqua è istituita una fascia di rispetto di larghezza pari a 10 m. o in conformità a quanto previsto dalla legislazione vigente in materia di pulizia Idraulica (R.D. 368/1904, R.D. 523/1904) con particolare riferimento alla classificazione del corso d'acqua a partire dal piede dell'argine esterno per i corsi d'acqua incanalati, a partire dalla sommità della sponda incisa per i corsi d'acqua non arginati e dal piede di sponda esterna per i corsi d'acqua arginati fuori terra. Questa fascia oltre a garantire la conservazione delle funzioni biologiche caratteristiche dell'ambito ripariale servirà a garantire la piena efficienza delle sponde e la funzionalità delle opere idrauliche e facilitare le operazioni di manutenzione delle stesse.

Nelle fasce di rispetto, ferme restando le disposizioni normative vigenti, saranno applicate le seguenti disposizioni:

- è vietato qualsiasi tipo di edificazione; saranno consentiti solamente interventi di sistemazione a verde, con percorsi pedonali e ciclabili, ma senza attrezzature fisse, e tali da non interferire con periodiche operazioni di manutenzione e pulizia dei corsi d'acqua;
- è vietato ogni tipo di impianto tecnologico salvo le opere attinti alla corretta regimazione dei corsi d'acqua, alla regolazione del deflusso di magra e di piena, alle derivazioni e alle captazioni per approvvigionamento idrico e per il trattamento delle

acque reflue nonché per le opere necessarie all'attraversamento viario e all'organizzazione di percorsi pedonali e ciclabili e funzionali alle pratiche agricole meccanizzate, ed alla realizzazione di opere di protezione e salvaguardia della sicurezza da rischi di accidentale caduta nei canali;

- sono vietati gli orti;
- sono vietati i movimenti di terra che alterino in modo sostanziale e stabilmente il profilo del terreno con la sola eccezione di quelli connessi ai progetti di recupero ambientale, di bonifica e di messa in sicurezza dal rischio idraulico.
- la formazione di pescaie, chiuse, petraie ed altre opere per l'esercizio della pesca, con le quali si alterasse il corso naturale delle acque. Sono eccettuate da questa disposizione le consuetudini per l'esercizio di legittime ed innocue concessioni di pesca, quando in esse si osservino le cautele od imposte negli atti delle dette concessioni, o già prescritte dall'autorità competente, o che questa potesse trovare conveniente di prescrivere;
- le piantagioni che si inoltrino dentro gli alvei dei fiumi, torrenti, rivi e canali, a costringerne la sezione normale e necessaria al libero deflusso delle acque;
- lo sradicamento o l'abbruciamento dei ceppi degli alberi che sostengono le ripe dei fiumi e dei torrenti per una distanza orizzontale non minore di nove metri dalla linea in cui arrivano le acque ordinarie.
- la piantagione sulle alluvioni delle sponde dei fiumi e torrenti e loro isole a distanza dalla opposta sponda minore di quella, nelle rispettive località, stabilita o determinata dal prefetto, sentite le amministrazioni dei comuni interessati e l'ufficio del Genio civile;
- le piantagioni di qualunque sorta di alberi ed arbusti sul piano e sulle scarpe degli argini, loro banche e sottobanche, lungo i fiumi, torrenti e canali navigabili;
- le piantagioni di alberi e siepi, le fabbriche, gli scavi e lo smovimento del terreno a distanza dal piede degli argini e loro accessori come sopra, minore di quella stabilita dalle discipline vigenti nelle diverse località, ed in mancanza di tali discipline, a distanza minore di metri quattro per le piantagioni e smovimento del terreno e di metri dieci per le fabbriche e per gli scavi;

- qualunque opera o fatto che possa alterare lo stato, la forma, le dimensioni, la resistenza e la convenienza all'uso, a cui sono destinati gli argini e loro accessori come sopra, e manufatti attinenti;
- le variazioni ed alterazioni ai ripari di difesa delle sponde dei fiumi, torrenti, rivi, canali e scolatori pubblici, tanto arginati come non arginati, e ad ogni altra sorta di manufatti attinenti;
- il pascolo e la permanenza dei bestiami sui ripari, sugli argini e loro dipendenze, nonché sulle sponde, scarpe, o banchine dei pubblici canali e loro accessori;
- l'apertura di cavi, fontanili e simili a distanza dai fiumi, torrenti e canali pubblici minori di quella voluta dai regolamenti e consuetudini locali, o di quella che dall'autorità amministrativa provinciale sia riconosciuta necessaria per evitare il pericolo di diversioni e indebite sottrazioni di acque.

Per le Opere strategiche e rilevanti (d.d.u.o. n. 19904/2003) nel territorio in Classe 4 si dovranno approntare analisi sismiche di 3° LIVELLO nei casi richiesti in base alle risultanze dell'indagine eseguita ai sensi della DGR 8/1566/2005.

Tutti gli approfondimenti geologici richiesti per tale classe di fattibilità dovranno essere prodotti contestualmente alle eventuali richieste di "permesso di costruire" o "DIA" e valutati di conseguenza prima del rilascio di tali permessi.

PRESCRIZIONI

DESTINAZIONI D'USO

Viene esclusa qualsiasi nuova edificazione ad eccezione delle opere finalizzate al consolidamento, alla protezione idrogeologica ed idraulica.

Per gli edifici esistenti saranno consentiti i soli interventi di manutenzione ordinaria, straordinaria, restauro e risanamento conservativo, senza aumenti di volume e modifiche delle destinazioni d'uso - Art. 3, comma 1, lettere a), b) e c) del DPR 380/2001.

Potranno essere realizzate eventuali infrastrutture pubbliche e/o di interesse pubblico solo se non altrimenti localizzabili sul territorio; le stesse dovranno comunque essere

puntualmente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio presenti nell'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea.
Alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, dovrà essere allegata la relazione geologica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di rischio.

Le aree di tutela assoluta dei POZZI IDROPOTABILI, rappresentate dai comparti immediatamente circostanti alle captazioni con estensione di raggio di 10.0m attorno ad esse, devono essere adibite esclusivamente ad opere di captazione e ad infrastrutture di servizio (D.Lgs. n. 152/2006). Per ragioni di sicurezza, le medesime devono essere adeguatamente protette.

Per il territorio compreso nel "LIMITE DI PROGETTO TRA LA FASCIA B E C" (Sottoclasse 4C), cui si applicano le norme della "FASCIA FLUVIALE A" del PAI fintontochè non saranno realizzate le opere previste, sono auspicabili destinazioni d'uso agricole/boschive in virtù delle condizioni di dissesto idrografico Molto Elevate.

INDAGINI E STUDI

Nel territorio compreso nel "LIMITE DI PROGETTO TRA LA FASCIA B E C", cui si applicano le norme della "FASCIA FLUVIALE A" del PAI, le indagini e gli studi che dovranno accompagnare gli interventi compatibili dovranno provare, mediante specifici approfondimenti:

- la compatibilità idraulica dell'intervento con le condizioni di dissesto e pericolosità idrologica;
- il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area;
- l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti;
- l'assenza di interferenze negative con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.

Quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le costruzioni" (o dalle disposizioni ancora applicabili sino al termine del periodo transitorio) per la pianificazione attuativa, per opere di carattere non edificatorio, oltre che per le eventuali infrastrutture pubbliche e/o di interesse pubblico realizzabili.
Nell'ambito degli interventi compatibili con l' Art. 3, comma 1, lettere a), b) e c) del DPR 380/2001, è richiesta la relazione geologica per interventi strutturali di consolidamento sulle fondazioni esistenti, con la finalità di valutare le caratteristiche fisiche e la capacità portante dei terreni di fondazione.

OPERE DI RIDUZIONE DEL RISCHIO

Allacciamento alla rete fognaria delle porzioni non ancora servite, censimento e bonifica dei residui pozzi perdenti.
Quanto previsto dai risultati delle indagini condotte ai sensi del D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le costruzioni" (o dalle disposizioni ancora applicabili sino al termine del periodo transitorio) per l'eliminazione delle condizioni di reale o potenziale dissesto.

4.2. Aree soggette ad amplificazione sismica locale; edifici strategici e rilevanti;

Le misure eseguite hanno rilevato una situazione di sostanziale **assenza di amplificazione** nelle frequenze di interesse ingegneristico sia nella zona di Ferno, sia nella zona del Museo dell'aeronautica a Malpensa. Nella zona di San Macario si osservano valori di amplificazione relativamente più elevati, ma comunque tali da non segnalare la presenza di significativi effetti di sito.
Nel complesso, mettendo in relazione i contrasti di impedenza con cambi di granulometria nei sedimenti del sottosuolo, possiamo suddividere il territorio in tre macrozone, più una di transizione, in relazione alla presenza o meno di elementi litologici lenticolari di modesto spessore posti in prossimità del p.c. a quote diverse (comunque entro profondità massime variabili tra i -50 ed i -10 m). In particolare la zona W e SW,

che per altro non appare in continuità morfologica con quella ad E essendo leggermente più rilevata, risulterebbe priva di livelli a diversa impedenza e quindi più omogenea rispetto alle zone N ed E; la zona N sembra interessata da un livello a diversa impedenza posto a quote dal p.c. molto superficiali (entro 6-9 m); mentre le altre misure presentano caratteristiche compatibili con quelle legate alla presenza di un corpo litologico sfrangiato nella parte centrale che estende le proprie interdigitazioni verso W e verso S.

Per il Comune di FERNO, in base alle risultanze dell'indagine sismica effettuata utilizzando i microtremori, si individua una sola tipologia di risposta sismica dei terreni, indicate in cartografia con la seguente sigla:

Z4a - Zona con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi

Caratteri litologici e geotecnici

ZONA Z4a: lo scenario Z4a rappresenta l'area maggiormente estesa del territorio in studio ed è costituita essenzialmente da

- depositi alluvionali Quaternari;
- depositi fluvioglaciali recenti, con morfologia pressoché piana.

In corrispondenza di queste aree si possono verificare effetti di amplificazioni sismica legati alla natura litologica dei terreni, che può variare da limoso-sabbiosa a sabbioso-ghiaiosa, con tendenziale aumento della granulometria da nord verso sud.

Sulla base di quanto sopra, all'interno dello scenario Z4a si possono riconoscere terreni caratterizzati da parametri geotecnici diversi; essi, dal punto di vista normativo, vengono raggruppati nello stesso scenario di pericolosità sismica della classe dei depositi alluvionali e/o fluvioglaciali.

Approfondimenti d'indagine: Per i siti ove sorgeranno le costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.g.r.14964/2003 (elencate nel d.d.u.o. n. 19904/2003), sono da assoggettarsi obbligatoriamente ad approfondimento di 2° livello secondo i criteri definiti dall'Allegato 5 della DGR 8/156622/12/05. Tale approfondimento porta alla determinazione del valore del Fattore di Amplificazione Fa.

E' richiesta in fase di progettazione la valutazione delle caratteristiche geologiche, dei parametri geotecnici e sismici dei terreni di fondazione; tale valutazione deve considerare la successione stratigrafica fino al bedrock sismico, o in alternativa fino alla profondità di circa 30 m da p.c.

Sono escluse dall'approfondimento tutte le aree non edificabili per motivi geologici e/o soggette a vincolo di natura ambientale, fintanto che tale vincolo garantisce la loro inedificabilità.

Tutte le costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi o attività pericolose per l'ambiente, le reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza, le costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti o con funzioni sociali essenziali devono essere obbligatoriamente sottoposte alle analisi di cui sopra, con riferimento all'Allegato 5 della DGR 8/1566 del 22 dicembre 2005 al punto 2.3 e successive integrazioni.

4.3. Vincoli e norme di polizia idraulica (fasce di rispetto, fasce di attenzione);

I progetti che prevedono interventi all'interno della fasce B e C previste dal PAI, ***ove non in contrasto con quanto previsto dalle relative classi di fattibilità***, devono contenere l'individuazione dell'area soggetta ad esondazione con Tr=100 anni calcolata secondo le direttive individuate dal PAI stesso. Al fine di determinare la massima quota raggiunta dall'area inondata, si dovrà provvedere alla rappresentazione della stessa in uno dei seguenti modi:

a) tramite rilievo topografico in scala 1:1000 o di maggior dettaglio;

b) tramite individuazione su cartografia aerofotogrammetrica collaudata nella scala di maggior dettaglio disponibile, a condizione che tale cartografia non sia in scala inferiore a 1:5.000 e sia accompagnata da dichiarazione del progettista o altro tecnico abilitato da cui risulti che il corso d'acqua in esame non ha subito nel tratto interessato modifiche sostanziali dalla data del volo di base della cartografia stessa.

Gli attraversamenti da realizzarsi mediante ponti, tombini stradali o ferroviari, passi

carrabili non potranno comunque ridurre la sezione idraulica preesistente. Non rientrano tra le opere di attraversamento altri interventi che configurino la copertura del corso d'acqua.

4.3.1. Dimostrazione dell'assenza di rischio

La dimostrazione dell'assenza delle condizioni di rischio legate a fenomeni di esondazione o ristagno, intesa come limite di rischio accettabile senza interventi di adeguamento, deve essere costituita da uno dei seguenti elaborati:

a) una o più sezioni trasversali al corso d'acqua che attraversino l'area di intervento, in scala 1:100 o 1:200 redatte da Ingegnere idraulico od altro laureato con specifiche competenze in materia di idraulica fluviale, da cui risulti che la quota minima di altezza del piano di campagna esistente nella zona di intervento, è superiore di almeno ml. 2 rispetto alla quota del piede d'argine esterno più vicino o, in mancanza, del ciglio di sponda più vicino;

b) relazione idrologico - idraulica redatta da tecnico abilitato da cui risulti che l'area di intervento è comunque protetta da rischio di inondazione o ristagno;

c) relazione tecnica nella quale sia richiamata la verifica idrologico - idraulica già effettuata preliminarmente in sede di approvazione dello S.U. generale o del piano urbanistico attuativo, che abbia già individuato l'assenza del rischio.

Tali studi dovranno comunque essere conformi ai criteri di compatibilità idraulica definiti nell'allegato 4 della deliberazione della G.R.L. n°7374/08.

I progetti privati relativi alla realizzazione delle sistemazioni esterne, dei parcheggi etc., tesi a ridurre quanto possibile l'impermeabilizzazione superficiale, devono comunque mantenere una **superficie permeabile** pari almeno al **30% della superficie fondiaria**, ed essere **realizzati con modalità costruttive che consentano l'infiltrazione o la ritenzione anche temporanea delle acque**. Sono possibili eccezioni esclusivamente per dimostrati motivi di sicurezza o di tutela storico-paesaggistica.

Il convogliamento delle acque piovane in fognatura o in corsi d'acqua, deve essere evitato; quando è possibile, le acque dovranno essere dirette in aree adiacenti con superficie permeabile, senza che si determinino danni dovuti al ristagno delle stesse.

4.3.2. Regimazione delle acque

Nelle aree spondali dei corsi d'acqua cos' come definite dal R.D. 523/04, sono prescritti i seguenti vincoli, limitazioni e modalità d'uso:

a) è fatto divieto:

1. di realizzare qualsiasi costruzione, anche a carattere temporaneo, fatta eccezione degli impianti e delle costruzioni facenti parte del sistema di monitoraggio e di controllo idrometereologico e idropluviometrico;
2. di modificare o manomettere gli alvei, che devono essere mantenuti in condizioni di efficienza idraulica, se non per opere di regimazione idraulica disposte dalle autorità competenti;
3. di immettere rifiuti liquidi, anche di origine agricola, se non preventivamente trattati;
4. di realizzare recinzioni che costituiscano ostacolo al regolare deflusso delle acque, serre e manufatti precari, capanni e orti;
5. di costruire serre e manufatti precari;

b) le opere spondali devono essere realizzate con terra o gabbionate o con tecniche di bioingegneria; argini in cemento o pietra sono consentiti solo in tratti urbani o in prossimità delle opere di attraversamento dei corsi d'acqua, di infrastrutture e impianti;

c) deve essere mantenuta e, dove necessario, ripristinata la vegetazione ripariale;

Con riferimento all'ammissibilità degli interventi edilizi la disciplina per la prevenzione del rischio idraulico si applica agli ambiti A, B e C, cosi come definiti dal PAI, adiacenti ai corsi d'acqua;

Tutti gli interventi consentiti nelle diverse fasce debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza d'interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza

delle opere di difesa esistenti. Gli stessi, dovranno essere finalizzati a mantenere la piena funzionalità delle opere di difesa essenziali alla sicurezza idraulica e a garantire la funzionalità ecologica degli ecosistemi, la tutela della continuità ecologica, la conservazione e l'affermazione delle biocenosi autoctone; di migliorare le caratteristiche naturali dell'alveo, salvaguardando la vegetazione di ripa, con particolare riguardo alla varietà, alla tutela degli habitat caratteristici; di eliminare gli ostacoli al deflusso della piena in alveo e in golena.

Gli interventi di manutenzione idraulica possono prevedere l'asportazione di materiale litoide dagli alvei, in accordo con quanto disposto all'art. 97, lettera m) del R.D. 25 luglio 1904, n. 523, se finalizzata esclusivamente alla conservazione della sezione utile di deflusso, al mantenimento della officiosità delle opere e delle infrastrutture, nonché alla tutela dell'equilibrio geostatico e geomorfologico dei terreni interessati e alla tutela e al recupero ambientale.

Nelle Fasce A e B e in particolare nella porzione non attiva dell'alveo inciso sono favoriti gli interventi finalizzati al mantenimento ed ampliamento delle aree di esondazione, anche attraverso l'acquisizione di aree da destinare al demanio, il mancato rinnovo delle concessioni in atto non compatibili con le finalità del Piano, la riattivazione o la ricostituzione di ambienti umidi, il ripristino e l'ampliamento delle aree a vegetazione spontanea autoctona. Gli interventi devono assicurare la funzionalità ecologica, la compatibilità con l'assetto delle opere idrauliche di difesa, la riqualificazione e la protezione degli ecosistemi relittuali, degli habitat esistenti e delle aree a naturalità elevata, la tutela e la valorizzazione dei contesti di rilevanza paesistica e la ridotta incidenza sul bilancio del trasporto solido del tronco fluviale interessato; qualora preveda l'asportazione di materiali inerti dall'alveo inciso o di piena, il progetto deve contenere la quantificazione dei volumi di materiale da estrarre che non devono superare complessivamente i 20.000 mc.

Per le aree comprese nelle Fasce A e B ad utilizzo agricolo si prescrivono i seguenti interventi:

- riduzione delle quantità di fertilizzanti, fitofarmaci e altri presidi chimici utilizzati;
- miglioramento delle caratteristiche naturali per le aree coltivate.

Fatto salvo quanto previsto agli artt. 29 e 30 delle NTA relative al PAI, all'interno delle Fasce A e B è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo. A tal fine i progetti devono essere corredati da uno studio di compatibilità, che documenti l'assenza dei suddetti fenomeni e delle eventuali modifiche alle suddette caratteristiche, da sottoporre all'Autorità competente, così come individuata dalla direttiva di cui la comma successivo, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino.

In tutto il territorio comunale, la possibilità di realizzare nuove edificazioni e trasformazioni morfologiche d'aree pubbliche e private è subordinata all'individuazione d'interventi atti a limitare l'impermeabilizzazione della superficie.

A tutte le acque pubbliche presenti nel territorio comunale (anche non ricomprese in elenco) si applicano le disposizioni di cui all'art. 96, R.D.523/1904.

Al fine dell'applicazione delle norme di cui ai precedenti commi si precisa quanto segue:

- per nuova edificazione s'intendono tutti gli interventi edilizi che comportano la realizzazione di nuovi volumi, con la sola esclusione delle sopraelevazioni;
- per manufatti di qualsiasi natura s'intendono tutte le opere che possono ostacolare il deflusso delle acque, quali recinzioni, depositi, serre, tettoie, piattaforme e simili.
- per trasformazioni morfologiche s'intendono esclusivamente quelle modifiche del territorio che costituiscono ostacolo al deflusso delle acque in caso d'inondazione.

I progetti che prevedono interventi a distanza inferiore a m.10 dal piede esterno dell'argine o, se mancante, dal ciglio di sponda, devono contenere un allegato con l'individuazione della larghezza del corso d'acqua per l'accertamento della presenza degli ambiti A, B e C.

In questa fascia di 10 metri sono consentiti:

- Gli interventi che non siano suscettibili di influire né direttamente, né indirettamente sul regime del corso d'acqua;

- Le difese radenti (ossia senza restringimento della sezione d'alveo e a quota non superiore al piano di campagna), realizzate in modo tale da non deviare la corrente verso la sponda opposta né provocare restringimenti d'alveo. Tali opere dovranno essere caratterizzate da pendenze e modalità costruttive tali da permettere l'accesso al corso d'acqua;

Gli attraversamenti (ponti, gasdotti, fognature, tubature e infrastrutture a rete in genere) con luce superiore a 6 metri dovranno essere realizzati secondo la direttiva dell'Autorità di Bacino "*Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B";*

I progetti di cui al punto precedente dovranno contenere, indipendentemente dallo sviluppo lineare dell'attraversamento, apposita relazione idrologica-idraulica attestante che gli stessi sono stati dimensionati per una piena con Tempo di ritorno 100 anni ed un franco minimo di 1 m.

In ogni caso i manufatti di attraversamento non dovranno:

- Restringere la sezione mediante spalle e rilevati di accesso;
- Avere l'intradosso a quota inferiore al piano di campagna;
- Comportare una riduzione della pendenza del corso d'acqua mediante l'utilizzo di soglie di fondo.

Non è ammesso il posizionamento di infrastrutture longitudinali in alveo che riducano la sezione. In caso di necessità e di impossibilità di diversa localizzazione, le stesse potranno essere interrate.

In ogni caso gli attraversamenti e i manufatti realizzati al di sotto dell'alveo, dovranno essere posti a quote inferiori a quelle raggiungibili in base all'evoluzione morfologica prevista dell'alveo e dovranno comunque essere adeguatamente difesi dalla possibilità di danneggiamento per erosione del corso d'acqua.

- *Previsioni urbanistiche ed attuazione degli interventi*

I territori delle Fasce A e B individuati dal presente Piano, sono soggetti ai seguenti speciali vincoli e alle limitazioni che seguono:

a) le aree non edificate ed esterne al perimetro del centro edificato, così come definito dalla successiva lett. c), sono destinate a vincolo speciale di tutela fluviale ai sensi dell'art. 5, comma 2, lett. a) della L. 17 agosto 1942, n. 1150;

b) alle aree esterne ai centri edificati, così come definiti alla seguente lettera c), si applicano le norme delle Fasce A e B, di cui ai successivi commi 3 e 4;

c) per centro edificato, ai fini dell'applicazione delle presenti Norme, si intende quello di cui all'art. 18 della L. 22 ottobre 1971, n. 865, ovvero le aree che al momento dell'approvazione del presente Piano siano edificate con continuità, compresi i lotti interclusi ed escluse le aree libere di frangia.

All'interno dei centri edificati, così come definiti dal precedente comma 1, lett. c), si applicano le norme degli strumenti urbanistici generali vigenti.

Nei territori della Fascia A, sono esclusivamente consentite le opere relative a interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, senza aumento di superficie o volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo e con interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio.

Nei territori della Fascia B, sono inoltre esclusivamente consentite, **(per i primi due punti se non ricompresi in fattibilità 4)**:

- opere di nuova edificazione, di ampliamento e di ristrutturazione edilizia, comportanti anche aumento di superficie o volume, interessanti edifici per attività agricole e residenze rurali connesse alla conduzione aziendale, purché le superfici abitabili siano realizzate a quote compatibili con la piena di riferimento, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;
- interventi di ristrutturazione edilizia, comportanti anche sopraelevazione degli edifici con aumento di superficie o volume, non superiori a quelli potenzialmente allagabili, con contestuale dismissione d'uso di queste ultime e a condizione che gli stessi non aumentino il livello di rischio e non comportino significativo ostacolo o riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree stesse, previa rinuncia da parte del

soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;

- interventi di adeguamento igienico - funzionale degli edifici esistenti, ove necessario, per il rispetto della legislazione in vigore anche in materia di sicurezza del lavoro connessi ad esigenze delle attività e degli usi in atto;

4.3.3. Prescrizioni e vincoli all'interno degli ambiti

Gli artt. 29, 30 e 31 del PAI definiscono gli obiettivi, i divieti e per contro, gli interventi consentiti rispettivamente nelle fasce A, B e C.

Fascia di deflusso della piena (Fascia A)

La Fascia A ha l'obiettivo di garantire le condizioni di sicurezza assicurando il deflusso della piena di riferimento, il mantenimento e/o il recupero delle condizioni di equilibrio dinamico dell'alveo, e quindi favorire, ovunque possibile, l'evoluzione naturale del fiume in rapporto alle esigenze di stabilità delle difese e delle fondazioni delle opere d'arte, nonché a quelle di mantenimento in quota dei livelli idrici di magra.

Sono vietate:

- le attività di trasformazione dello stato dei luoghi, che modifichino l'assetto morfologico, idraulico, infrastrutturale, edilizio, fatte salve le prescrizioni dei successivi articoli;
- la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, fatto salvo quanto previsto al successivo comma 3, let. l);
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue, nonché l'ampliamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue, fatto salvo quanto previsto al successivo comma 3, let. m);
- le coltivazioni erbacee non permanenti e arboree, fatta eccezione per gli interventi di bioingegneria forestale e gli impianti di rinaturazione con specie autoctone, per

un'ampiezza di almeno 10 m dal ciglio di sponda, al fine di assicurare il mantenimento o il ripristino di una fascia continua di vegetazione spontanea lungo le sponde dell'alveo inciso, avente funzione di stabilizzazione delle sponde e riduzione della velocità della corrente;

- la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto;
- il deposito a cielo aperto, ancorché provvisorio, di materiali di qualsiasi genere.

Sono invece consentiti:

- i cambi colturali, che potranno interessare esclusivamente aree attualmente coltivate;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- le occupazioni temporanee se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non arrecare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena;
- i prelievi manuali di ciottoli, senza taglio di vegetazione, per quantitativi non superiori a 150 m³ annui;
- .....
- il miglioramento fondiario limitato alle infrastrutture rurali compatibili con l'assetto della fascia;
- .....
- l'adeguamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue alle normative vigenti, anche a mezzo di eventuali ampliamenti funzionali.

Per esigenze di carattere idraulico connesse a situazioni di rischio, l'Autorità idraulica preposta può in ogni momento effettuare o autorizzare tagli di controllo della vegetazione spontanea eventualmente presente nella Fascia A.

Fascia di esondazione (Fascia B)

La Fascia B ha la funzione di mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica ai fini principali dell'invaso e della laminazione delle piene, unitamente alla conservazione e al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali.

Sono vietati:

- gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di invaso in area idraulicamente equivalente;
- la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, fatto salvo quanto previsto al precedente art. 29, comma 3, let. l);
- in presenza di argini, interventi e strutture che tendano a orientare la corrente verso il rilevato e scavi o abbassamenti del piano di campagna che possano compromettere la stabilità delle fondazioni dell'argine.

Sono consentiti, oltre agli interventi previsti per la fascia A:

- gli interventi di sistemazione idraulica quali argini o casse di espansione e ogni altra misura idraulica atta ad incidere sulle dinamiche fluviali, solo se compatibili con l'assetto di progetto dell'alveo derivante dalla delimitazione della fascia;
- gli impianti di trattamento d'acque reflue, qualora sia dimostrata l'impossibilità della loro localizzazione al di fuori delle fasce, nonché gli ampliamenti e messa in sicurezza di quelli esistenti;
- .....

Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.

Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C)

La Fascia C è finalizzata ad integrare il livello di sicurezza alle popolazioni.

Nei territori della Fascia C, delimitati con segno grafico indicato come "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C", si applicano le stesse norme e limitazioni previste per le fasce B fino alla realizzazione delle opere idrauliche previste.

Nelle altre fasce C, delimitate non con limite di progetto, sono consentiti gli interventi di nuova edificazione, ricostruzione ed ampliamento oltre a quelli delle lettere a), b), c) e d) della L. 457/78, a condizione che gli stessi vengano attuati in conformità a quanto previsto al paragrafo - *Aree soggette ad alluvionamento e/o allagamento* -.

4.4. Gestione acque superficiali;

A – Regimazione delle acque superficiali

Tutte le nuove opere di regimazione idraulica (briglie, traverse, argini, difese spondali) previste per i corsi d'acqua (naturali ed artificiali) saranno finalizzate al riassetto dell'equilibrio idrogeologico, al ripristino della funzionalità della rete del deflusso superficiale, alla messa in sicurezza dei manufatti e delle strutture, alla rinaturalizzazione spontanea, al miglioramento generale della qualità ecobiologica e favorire della fruizione pubblica;
Tali opere dovranno esser concepite privilegiando le tecniche costruttive proprie dell'Ingegneria naturalistica, tenendo come riferimento, il "Manuale Tecnico d'Ingegneria naturalistica" elaborato congiuntamente dalla Regione Emilia Romagna e Veneto e riconosciuto anche dalla Regione Lombardia.

B – Canalizzazioni agricole

Tutti gli interventi che coinvolgono parti di terreno agricolo dovranno essere volti al mantenimento dell'efficacia del sistema delle canalizzazioni, provvedendo in ogni caso al ripristino della loro funzionalità là dove questa risulti manomessa da interventi precedenti;
È vietato interrompere e/o impedire il deflusso superficiale dei fossi e dei canali nelle aree agricole senza prevedere un nuovo e diverso recapito per le acque di scorrimento intercettate.

C – Tombinature

Sono vietate le tombinature e tutte le operazioni che possono portare all'interramento dei fossi, quando non sia previsto uno specifico progetto che garantisca un percorso alternativo per il deflusso delle acque a giorno con individuazione di un recapito ben definito;
Tali opere dovranno, se indispensabili, essere correttamente dimensionate in base ad idoneo studio idraulico – idrologico redatto secondo la normativa vigente.

D – Griglie

All'imboccatura dei tratti dei corsi d'acqua intubati dovranno essere posti degli elementi filtranti allo scopo di evitare l'intasamento della tubazione da parte del detrito e del materiale di varia natura raccolto e trasportato dalle acque lungo il percorso di monte;
Gli elementi filtranti dovranno essere dimensionati e posizionati in modo tale da non diminuire la sezione utile di deflusso prevedendo una fossa d'accumulo per il materiale intercettato;
La manutenzione ordinaria delle griglie dovrà prevedere lo svuotamento periodico della fossa e la ripulitura degli elementi filtranti in particolar modo dopo ogni evento di piena.

4.5. - Gestione acque sotterranee;

A – Salvaguardia della falda idrica

I punti d'approvvigionamento idrico dell'acquedotto non più utilizzati, se non adibiti a punti di controllo della falda (misura del livello e della qualità delle acque), dovranno essere tombati secondo i disposti della vigente normativa;

Qualsiasi sistema di smaltimento della acque superficiali in sotterraneo, se ammesso dalla normativa vigente, dovrà essere supportato da una specifica indagine idrogeologica relativa alla possibilità di contaminazione della falda acquifera;

Nella **zona di tutela assoluta** attorno ai pozzi, di raggio non inferiore a ml. 10,00, sono ammesse esclusivamente opere di presa e strutture di servizio. Tale area deve essere adibita esclusivamente ad opere di presa e ad infrastrutture di servizio; deve essere recintata, provvista di canalizzazioni per le acque meteoriche, protetta da esondazioni di corpi idrici limitrofi;

L'area di rispetto relativa alle opere di presa utilizzate dall'acquedotto comunale dovrà essere delimitata e recintata, in conformità ai disposti della vigente normativa. Le stesse dovranno essere preservate dal degrado tramite la loro destinazione ad attività, insediamenti ed infrastrutture che non rechino pregiudizio alla risorsa idrica, nonché tramite il monitoraggio della qualità delle acque e la conservazione del territorio anche attraverso interventi di manutenzione o riassetto.

L'attuazione degli interventi edilizi entro le zone di rispetto, in assenza di diverse indicazioni formulate dalla Regione, è subordinata all'effettuazione di un'indagine idrogeologica di dettaglio che porti ad una riperimetrazione di tali zone secondo i criteri temporale o idrogeologico o che comunque accerti la compatibilità dell'intervento con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee e dia apposite prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi.

Nella **zona di protezione** sono vietati lo spandimento di diserbanti, pesticidi o simili, nelle zone messe a coltura; l'inquinamento da sostanze indesiderabili utilizzate nelle attività classificate come insalubri; gli sversamenti di sostanze pericolose sulle strade e quanto altro previsto dal D.Lgs 152/06. Inoltre dovranno essere verificate le reti fognarie esistenti e previsti idonei sistemi di monitoraggio al fine di intercettare eventuali fonti inquinati prima del raggiungimento della falda;

Per interventi edilizi, urbanistici e di trasformazione dell'assetto nelle aree vulnerabili all'inquinamento delle falde idriche sotterranee vigono i seguenti vincoli e limitazioni d'uso:

- Divieto d'utilizzo di diserbanti, pesticidi e simili nelle zone messe a coltura;

- Divieto di sversamento di sostanze indesiderabili da parte d'attività produttive nel suolo, nei fossi, nei pozzi privati, nei piazzali e nei parcheggi;
- Opportune opere per la tenuta di cisterne e depositi interrati, ad evitare filtrazioni nel suolo di sostanze indesiderabili; opportune captazioni delle sostanze pericolose sversate sulle strade, controlli delle rete fognaria esistente;
- Le nuove fognature dovranno essere alloggiate in manufatti impermeabili.

In relazione a nuove previsioni e insediamenti è vietato l'uso di fertilizzanti, pesticidi e diserbanti ed anche l'autorizzazione al pascolamento ed all'allevamento dovranno costituire oggetto di specifica regolamentazione e controllo avendo cura che per i primi i quantitativi usati siano solo quelli strettamente necessari, e che per i secondi la pratica e la permanenza non siano eccessivi. Per quanto concerne le destinazioni esistenti, controlli periodici dell'acqua di falda consentiranno di verificare la compatibilità dell'uso attuale dei presidi sanitari con la qualità d'acqua nel sottosuolo.

Deroghe a queste possono essere fatte solo alle seguenti condizioni:

- Si dimostri la necessità, in rapporto ad esigenze d'interesse pubblico, di localizzare comunque la previsione all'interno di tale zona;
- Siano eseguite specifiche indagini geognostiche ed idrogeologiche che accertino situazioni locali di minore vulnerabilità intrinseca delle falde: a tal fine dovranno essere misurate le permeabilità dei livelli posti al di sopra dell'acquifero, calcolando sperimentalmente il 'tempo di arrivo' di un generico inquinante idroveicolato.

Per opere pubbliche e/o infrastrutture di pubblica utilità e/o interesse, in seguito a specifiche indagini geologiche ed idrogeologiche finalizzate alla predisposizione di accorgimenti tali da impedire la dispersione ed il conseguente arrivo in falda di un generico inquinante idroveicolato.

Dovranno essere attuate ai fini della tutela dell'esistente, verifiche della rete fognaria, della compatibilità di eventuali attività insalubri, dell'impermeabilizzazione di scoline di tratti della viabilità, delle condizioni dei pozzi privati. Dovranno inoltre essere previsti idonei sistemi di monitoraggio affinché l'eventuale fonte inquinante sia intercettata prima del raggiungimento della falda.

4.6. - Gestione scarichi

A – Reti tecnologiche interrate

Gli impianti tecnologici a reti sotterranee comprendono le tubazioni del gas, dell'acquedotto, delle fognature, le linee elettriche e telefoniche e tutte le attrezzature connesse al funzionamento e alla manutenzione delle stesse.
La messa in opera degli impianti tecnologici dovrà preferibilmente evitare la variazione e/o alterazione del reticolo di deflusso delle acque superficiali. Qualora l'intervento preveda qualche modifica, dovrà esserne indicato il nuovo andamento garantendo che non comporti concentrazioni e/o ristagni d'acqua nelle aree d'intervento e in quelle limitrofe;
La profondità rispetto al piano di campagna, alla quale installare gli impianti tecnologici, dovrà essere tale da non compromettere la crescita e lo sviluppo degli apparati radicali e non ostacolare le operazioni da aratura e/o irrigazione delle zone agricole;
Allo scopo di coordinare le operazioni di scavo per gli interventi sugli impianti interrati, gli interventi stessi e ciascuna opera dovranno essere resi noti in anticipo a tutti soggetti competenti;
I lavori di chiusura degli scavi dovranno garantire la risistemazione del terreno (piantumato e non) o della pavimentazione.

B – Fognature

Tutti gli interventi di nuovo impianto della rete fognaria dovranno privilegiare il completamento della rete stessa estendendola alle aree insufficientemente servite;
Le reti fognarie per le aree di nuova realizzazione dovranno prevedere un sistema di raccolta e smaltimento separato delle acque chiare separato da quello delle acque nere.

4.7. - Tutela qualità dei suoli (bonifica suoli contaminati, aree industriali dimesse, trattamento terre e rocce da scavo)

Tutte le aree di cui al presente articolo sono soggette alle regole urbanistiche generali di cui ai comma seguenti; tuttavia, le regole specifiche possono stabilire per determinate aree di territorio aperto ulteriori prescrizioni e limitazioni d'uso.
Per gli interventi di natura edilizia, urbanistica e di trasformazione dell'assetto nelle aree instabili, vigono i seguenti vincoli e limitazioni d'uso:

Aree ricadenti in classe di fattibilità 4;

In queste aree, qualsiasi nuova utilizzazione urbanistica e edilizia, non è consentita fino a quando non siano state realizzate opere di intervento e di sistemazione per la rimozione o mitigazione del dissesto. In tal caso una nuova perimetrazione o deperimetrazione per annullamento del pericolo può essere realizzata da parte dell'Amministrazione Comunale.
Il grado di intervento sistematorio di bonifica e di consolidamento dovrà essere proporzionato ed adeguato alla tipologia della nuova forma di utilizzazione. Sono ammessi tipi di utilizzo puramente conservativi o comunque volti alla bonifica del dissesto finalizzata al recupero di spazi per verde pubblico, parchi o per pratiche agricole, comunque in condizioni di sicurezza.

Aree ricadenti in classe di fattibilità 3;

In dette aree su un significativo intorno che comprenda la possibile zona di influenza del processo o del fenomeno, sono richiesti studi ed indagini geologiche e geotecniche di dettaglio che facciano da supporto ad ogni intervento volto alla utilizzazione finale dell'area.
L'esecuzione di quanto previsto dai risultati di tali indagini in termini di bonifica, miglioramento dei terreni e/o tecniche fondazionali particolari, costituisce un vincolo specifico per il rilascio della concessione o autorizzazione edilizia.

Aree ricadenti in classe di fattibilità 2;

In queste aree la caratterizzazione geologica e geotecnica del terreno a livello di progetto può essere ottenuta a mezzo di raccolta dati e notizie esistenti per costruzioni di modesto rilievo in rapporto alla stabilità globale dell'insieme opera-terreno, che ricadono in aree stabili note.
Si applicano i contenuti del DM. 14.01.08 estesi ad un'area di congrua estensione nel caso si prevedano grandi opere.

Nelle **aree soggette a fenomeni di franosità superficiale diffusa** sono interdetti :

- l'espansione urbanistica se non integrata con opere di intervento e di sistemazione per la rimozione o mitigazione della pericolosità;
- tutti i lavori di colmamento, escavazione e scalzamento, i quali non siano giustificati da approfondite indagini geologiche e geotecniche atte a dimostrare l'efficacia degli stessi per un'effettiva riduzione della pericolosità;
- l'accumulo di materiali di ogni natura che non sia giustificato da approfondite indagini geologiche e geotecniche atte a dimostrare l'efficacia per un'effettiva riduzione della pericolosità;
- la dispersione di acque sulla superficie del terreno e/o la loro infiltrazione nello stesso (con pozzi a perdere in particolare) e, comunque, ogni intervento che abbia per effetto un innalzamento del livello di falda idrica del terreno.
- La demolizione di opere che svolgono una funzione di sostegno, a meno che queste non siano sostituite da altre opere con lo stesso fine, la cui stabilità deve essere assicurata in ogni fase dell'intervento.

L'ubicazione dei beni e delle attività in queste aree deve rispettare i seguenti principi, tenendo conto comunque che la prevenzione più efficace e meno costosa consiste nell'evitare le aree esposte al pericolo e che, in ogni caso, tali regole vanno esaminate in funzione del contesto locale.

Il progetto di beni e di attività future, quale sia la loro natura, deve prevedere accorgimenti di protezione e rinforzo, mediante una o più delle seguenti tecniche scelte sulla base di approfondite indagini geologiche e geotecniche :

- rinforzo della struttura;
- esecuzione di interventi di consolidamento profondi;
- rimodellamento del terreno;
- drenaggio dell'acqua;
- opere di sostegno;
- opere di rinforzo;
- protezione dall'erosione al piede del pendio.

La rete di evacuazione dei fluidi deve essere realizzata in modo da poter sopportare, senza danno, movimenti limitati della sua base e deve essere oggetto di verifiche periodiche della sua funzionalità e riparata, se è il caso, in maniera da poter sopportare movimenti limitati della sua base.

Suolo

A – Copertura vegetale dei versanti

Tutti i tipi d'impianto vegetazionale previsti dovranno essere composti con modalità atte a consentire una corretta regimazione delle acque superficiali. Essa sarà orientata a favorire l'infiltrazione nel terreno e in ogni modo la ritenzione temporanea delle acque di precipitazione.

B – Stabilizzazione dei versanti

Nel caso si prevedano operazioni di recupero e di riorganizzazione fondiaria, sarà possibile modificare la disposizione dei terrazzamenti o prevederne la sostituzione e/o lo smantellamento solo attraverso un progetto specifico che definisca il nuovo assetto idrogeologico.

Nelle aree soggette a fenomeni di scivolamento e colamenti di terra, fango e/o detriti, sono interdetti:

- L'espansione urbanistica se non integrata con opere d'intervento e di sistemazione per la rimozione o mitigazione della pericolosità;
- Tutti i lavori di colmamento, escavazione e scalzamento, i quali non siano giustificati da approfondite indagini geologiche e geotecniche atte a dimostrare l'efficacia degli stessi per un'effettiva riduzione della pericolosità;
- L'accumulo di materiali d'ogni natura che non sia giustificato da approfondite indagini geologiche e geotecniche, atte a dimostrare l'efficacia per un'effettiva riduzione della pericolosità;
- La dispersione d'acque sulla superficie del terreno e/o la loro infiltrazione nello stesso (con pozzi a perdere in particolare) e, comunque, ogni intervento che abbia per effetto un innalzamento del livello di falda idrica del terreno;
- La demolizione d'opere che svolgono una funzione di sostegno, sempre che queste non siano sostituite da altre opere con lo stesso fine, la cui stabilità deve essere assicurata in ogni fase dell'intervento;

C – Impermeabilizzazione del suolo

Tutti i tipi d'impianti artificiali previsti dovranno essere realizzati con modalità atte a consentire una corretta regimazione delle acque superficiali. Esse saranno orientate a favorire l'infiltrazione nel terreno e in ogni caso la ritenzione temporanea delle acque di precipitazione;

Tutti i tipi d'impianti artificiali dovranno essere realizzati con l'obiettivo di minimizzare l'effetto dell'impermeabilizzazione, attraverso l'uso più esteso possibile di materiali che permettano la percolazione delle acque, o quantomeno la ritenzione temporanea delle stesse;

Tutti i tipi d'impianti artificiali dovranno essere realizzati in modo da non alterare la funzionalità idraulica dell'ambiente in cui s'inseriscono, garantendo il mantenimento dell'efficienza della rete di convogliamento e recapito delle acque superficiali;

E' vietato interrompere e/o impedire il deflusso superficiale dei fossi e dei canali nelle aree agricole, senza prevedere un nuovo e/o diverso recapito per le acque di scorrimento intercettate.

D – Erosione del suolo d'origine antropica

Per erosione d'origine antropica s'intende il danneggiamento della copertura vegetale e pedologica del substrato litologico a causa d'attività quali il pascolo, il fuoristrada e l'estrazione di materiale lapideo.
La pastorizia dovrà essere disciplinata secondo uno specifico programma che tenga conto della superficie di pascolo disponibile per ogni capo di bestiame.
E' vietato percorrere e attraversare le aree agricole e/o boscate, con mezzi fuoristrada (automobili, motocicli e mountain – bike) al di fuori dei percorsi segnalati.

Sottosuolo

A – Sbancamenti, scavi e reinterri

Ogni sbancamento e scavo in terreno sciolto o lapideo che comporti modificazioni permanenti e rilevanti della morfologia e del profilo topografico, dovrà essere provvisto d'appositi drenaggi a monte per l'abbattimento del carico delle acque meteoriche e il loro convogliamento nella rete di scolo esistente;
Prima dell'inizio dei lavori di sbancamento e/o escavazione dovrà essere individuato il sito di discarica ed i modi di riutilizzo del materiale sbancato e/o scavato;
Per ogni intervento che comporti un rimodellamento con modifica della pendenza di superfici preesistenti, si dovranno calcolare le condizioni di stabilità delle nuove pareti e/o dei nuovi versanti, in relazione alla prevista configurazione finale, e alle variazioni indotte sulla stabilità delle strutture limitrofe;

Tutti i lavori di sbancamento e/o scavo dovranno prevedere il ripristino delle condizioni di stabilità delle pareti naturali mediante opere di rinaturalizzazione spontanea e/o guidata con l'impiego di tecniche d'ingegneria naturalistica;

Per i rinterri dovranno essere utilizzati materiali terrigeni simili a quelli esistenti in loco, ripristinando il grado di compattezza e d'addensamento del terreno originario.

Con l'entrata in vigore del D.Lgs. 4/2008 di modifica al D.Lgs. 152/06 non sussiste più l'obbligo di parere preventivo da parte delle ARPA per il riutilizzo delle terre e rocce da scavo nel caso di progetti non sottoposti a VIA.

Pertanto ARPA non è più il soggetto titolare del procedimento ma fornirà il proprio supporto in materia alle Amministrazioni, soltanto in caso di richiesta di eventuale coinvolgimento da parte degli Enti con competenza di amministrazione attiva in campo ambientale, nelle modalità definite nella riformulazione dell'art. 186 del D.Lgs. 152/06, ARPA

Ne consegue che l'Amministrazione Comunale è quella cui è destinato il progetto, da redigere, per le rocce e terre di scavo come previsto dall'art. 186 del D.Lgs. 04/08.

Al fine di agevolare questo lavoro, è stato predisposto uno specifico elaborato grafico che indica i terreni oggetto attualmente e nel passato di attività industriale e/o artigianali o comunque non residenziali, tali da aver potenzialmente contaminato il terreno. Pertanto, ad esclusione dei casi di riconversione delle aree stesse, già normate in modo specifico, qualora dette aree siano sottoposte ad escavazione per costruzione ed ampliamenti di edifici, realizzazione di fognature etc, sarà cura dell'Amministrazione comunale verificare tramite analisi analitiche, le caratteristiche dei terreni stessi.

B – Costruzioni interrate

Per tutte le costruzioni interrate previste nelle zone di falda acquifera superficiale, dovrà essere verificata la profondità del livello di falda e della sua escursione stagionale in relazione alla profondità del piano di posa delle fondazioni;

Il piano di calpestio dei locali interrati dovrà, possibilmente, rimanere sopra il livello massimo di risalita della falda, al fine di evitare la messa in opera d'impianti di pompaggio per la depressione della tavola d'acqua.

C – Riconversione aree ex artigianli - industriali

In tutti gli interventi relativi a riconversione di aree artigianali / industriali o coinvolgenti attività potenzialmente causa di fenomeni di inquinamento (distributori di carburante, depositi di sostanze tossiche etc.) verso destinazioni residenziali, verde pubblico etc., dovranno essere eseguiti studi finalizzati alla individuazione di potenziali situazioni di contaminazione delle diverse matrici ambientali, secondo quanto definto dal D.Lgs 152/06.

4.8 – Gli elaborati richiesti

La necessità di adottare delle regole precise per il governo del territorio impone, ai fini di una facile interpretazione e di una chiarezza nei confronti della normativa vigente, una serie di prescrizioni di carattere procedurale che riguardano i contenuti degli elaborati richiesti per la presentazione della domanda di concessione edilizia.
I contenuti degli elaborati geologico-tecnici, che accompagneranno ciascun progetto, dovranno dimostrare che le specifiche problematiche rilevate nelle carte di sintesi sono state prese in considerazione riportando, sia i risultati delle indagini geognostiche, sia tutte le indicazioni per la progettazione delle adeguate soluzioni da adottare, in ordine alle sistemazioni idrogeologiche relative alle acque superficiali, alla stabilità del suolo e alla copertura vegetale.
Qui di seguito si riportano il tipo di elaborato tecnico di tipo geologico in riferimento agli articoli delle N.T.A. che specificano i tipi di intervento ammessi dal P.R.G. Il livello di approfondimento dovrà essere coerente con le classi di fattibilità previste per le diverse situazioni di dissesto reale o potenziale così come evidenziato nella tabella del paragrafo 4.2.

1. Per le ***opere di manutenzione ordinaria,*** poiché non riguardano agli elementi strutturali, non è previsto alcun elaborato tecnico.

2. Per le ***opere di manutenzione straordinaria,*** quando queste sono relative alla realizzazione e modifica della rete di collettamento e di smaltimento delle acque di superficie, il progetto dovrà essere accompagnato da una relazione idrologico - idraulica che specifichi il nuovo assetto dei deflussi superficiali e i recapiti finali.
Nel caso di modifica e rifacimento dei manufatti relativi al funzionamento della rete di deflusso delle acque superficiali (briglie, traverse, pennelli, arginI), si dovrà accompagnare il progetto con apposita relazione idrogeologico - idraulica che chiarisca gli effetti dei nuovi interventi sul regolare deflusso delle acque, in regime di magra e di piena, sia a monte sia a valle degli stessi interventi.

3. Le ***opere di restauro*** e le ***opere di risanamento conservativo*** riguardano sia gli edifici sia gli spazi aperti.

a) Nel caso di operazioni che comportino il consolidamento e la ricostruzione di parti dell'edificio crollate o demolite e/o il rifacimento delle strutture delle fondazioni, il progetto dovrà essere accompagnato da una relazione geologico - tecnica relativa all'eventuale variazione dei carichi e delle interazioni terreno ⇆ struttura che le nuove opere potranno indurre sul substrato di fondazione.

b) Nelle operazioni relative agli spazi aperti sui sistemi di collettamento e di smaltimento delle acque di superficie, sulle opere di consolidamento e di contenimento dei terreni in pendio e delle scarpate, dovrà essere presentata relazione geologico – tecnica, che attesti che le nuove sistemazioni previste, agiscano sempre a favore della stabilità dei versante e della stabilità della copertura pedologica superficiale, evitando l'innesco e/o l'aggravio di fenomeni erosivi, ai fini del mantenimento della stabilità generale dei versante.

4. Le ***opere di ristrutturazione*** riguardano sia gli edifici sia gli spazi aperti.

a) Per gli interventi sugli edifici relativi alla modifica del funzionamento strutturale delle fondazioni, i progetti dovranno essere accompagnati da una relazione geologico – tecnica, che valuti l'alterazione dei carichi indotti sul substrato di fondazione in relazione alle nuove strutture previste.

b) Per tutti gli interventi di ristrutturazione sugli spazi aperti i progetti, qualora comportino l'alterazione della rete di deflusso e di drenaggio superficiale esistente, dovranno allegare una relazione geologico - tecnica che riporti: lo schema di deflusso delle acque superficiali in essere; lo schema di deflusso delle acque modificato nella sua configurazione finale; l'indicazione dei nuovi recapiti previsti per le acque e la valutazione della capacità di ricezione dei recapiti finali.

5. Le ***opere di ampliamento*** riguardano gli interventi che comportano l'aggiunta di nuovi volumi a quelli esistenti.
Per tutti gli interventi relativi agli ampliamenti in aderenza, si dovrà allegare una relazione geologico - tecnica che verifichi la compatibilità dei nuovi interventi in relazione alla possibilità di innesco di cedimenti differenziali, oltre a rilevare l'eventuale alterazione dello schema di deflusso superficiale delle acque, definendone il nuova assetto in relazione alle nuove superfici previste.

6. Gli interventi di ***demolizione con ricostruzione*** comprendono sia la sostituzione parziale o totale di un edificio con un altro analogo o difforme per tipo e volume, sia la sistemazione degli spazi aperti.

a) Per gli interventi sugli edifici, il progetto dovrà essere accompagnato da una relazione geologico - tecnica che, oltre a valutare le modificazioni indotte dalle nuove strutture sul substrato di fondazione, valuti la fattibilità geotecnica dei nuovi interventi.

b) Qualora l'intervento di ricostruzione comporti l'alterazione della rete di deflusso e di drenaggio superficiale esistente, si dovrà allegare una relazione geologico - tecnica che riporti: lo schema di deflusso delle acque superficiali in essere; lo schema di deflusso delle acque modificato nella sua configurazione finale; l'indicazione dei nuovi

recapiti previsti per le acque e la valutazione della capacità di ricezione dei recapiti finali.

7. Gli interventi di ***demolizione senza ricostruzione,*** interessano le aree da recuperare come spazi aperti.
La sistemazione delle aree recuperate come spazi aperti, dovrà essere accompagnata da un progetto specifico che preveda la ricostituzione di una rete di deflusso e di drenaggio delle acque superficiali funzionalmente coerente con quella esistente, diventandone parte integrante e, nei limiti del possibile, migliorandola.

8. La ***ristrutturazione urbanistica e recupero ambientale*** definisce un insieme sistematico di interventi finalizzato sia alla ridefinizione dei principi insediativi esistenti, sia al recupero ambientale.

a) Per il risanamento, la modifica e il rimodellamento delle sponde e dei letti fluviali, per il recupero della piena efficienza idraulica del reticolo idrografico superficiale, nel rispetto della sua primaria funzione di ricezione e di regimazione degli afflussi naturali e artificiali, si dovrà predisporre uno studio idrogeologico - idraulico relativo:
- alla definizione delle portate e delle altezze di massima piena in relazione alla stabilità dei manufatti previsti;
- alla valutazione degli effetti indotti dalle nuove strutture sul regime delle portate di magra, in relazione al mantenimento della portata minima vitale che possa garantire lo sviluppo dei normali processi biologici del corso d'acqua;
- alla valutazione della variazione del trasporto solido ai fini del mantenimento nel tempo della funzionalità e della stabilità delle stesse opere previste e di quelle esistenti.

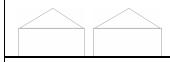
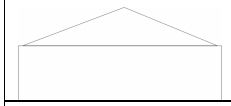
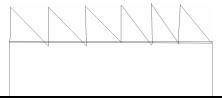
b) Per gli interventi di risanamento, di modifica e di rimodellamento delle aree degradate (frane, zone di erosione), finalizzati al recupero dell'equilibrio idrogeologico, al mantenimento della stabilità geomorfologica e al potenziamento dell'attività biologica, si dovrà allegare al progetto una relazione geologica e idrogeologica che riporti lo stato di fatto del dissesto e del degrado geomorfologico e individui le cause principali che lo determinano. Il progetto di risanamento dovrà indicare la sistemazione finale della

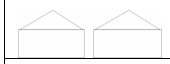
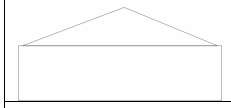
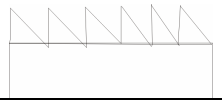
rete di smaltimento delle acque superficiali, gli interventi specifici di rinaturalizzazione per il controllo e la difesa dell'erosione delle superfici non vegetate, gli interventi specifici di ingegneria naturalistica e di bioingegneria per la stabilizzazione e la messa in sicurezza dei pendii in frana.

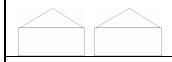
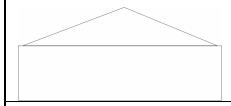
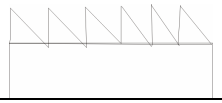
g. - *La **nuova edificazione e** il **nuovo impianto*** si riferisce agli interventi che interessano le aree non edificate al momento di adozione del Pano di Governo del Territorio.
Per gli interventi di nuova edificazione che comportino l'occupazione di superfici superiori a 500 mq si dovrà allegare, oltre alla relazione geologico-tecnica già prevista dalla normativa nazionale, il progetto di convogliamento e di smaltimento delle acque meteoriche intercettate dalle superfici impermeabili.

Tipi di intervento	Fattibilità		
	2	3	4
Manutenzione ordinaria	1	1	1
Manutenzione straordinaria	2	2	3
Risanamento conservativo	2	2	3
Restauro	2	2	3
Ristrutturazione	2	3	3
Ampliamento	2	3	4
Demolizione con ricostruzione	2	3	4
Demolizione senza ricostruzione	2	2	2
Ristrutt. urbanist. Recupero ambient.	2	3	4
Nuova edificazione e nuovo impianto	2	3	4

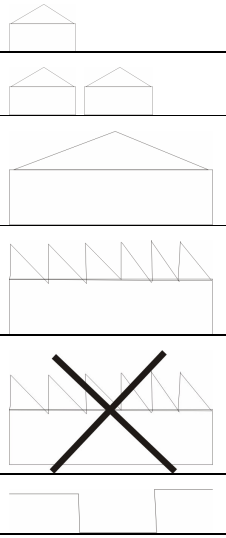
Incrociando la fattibilità indicata nella cartografia, con la tipologia di intervento da realizzare, perveniamo, nella tabella successiva, le indagini da eseguire e gli interventi da prevedere in sede di realizzazione dell'opera.

CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA	CARATTERISTICHE	PARERE SULL'EDIFICABILITA'	OPERA EDIFICATORIA AMMISSIBILE	INDAGINE DI APPROFONDIMENTO NECESSARIA	INTERVENTI DA PREVEDERE
FATTIBILITA' I	Aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo per scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso	Dovranno comunque essere valutate le possibili interferenze nei confronti della falda idrica		RG	RE - CO
				RG	RE - CO
				IGT - SV	RE - CO
				IGT - SV	RE - CO
		In aggiunta a quanto sopra dovrà essere verificata la potenziale contaminazione del sito		IGT – SV – ISS - PCA	RE - CO
		Dovranno comunque essere valutate le possibili interferenze nei confronti della falda idrica		IGT - SV	RE - CO

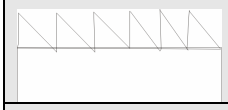
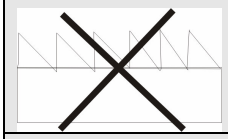
CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA	CARATTERISTICHE	PARERE SULL'EDIFICABILITA'	OPERA EDIFICATORIA AMMISSIBILE	INDAGINE DI APPROFONDIMENTO NECESSARIA	INTERVENTI DA PREVEDERE
FATTIBILITA' II	Aree con modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti d'indagine e accorgimenti tecnico – costruttivi.	Dovranno comunque essere valutate le possibili interferenze nei confronti della falda idrica		IGT	RE - CO
				IGT	RE - CO
				IGT - SV	RE - CO
				IGT - SV	RE – CO -CA
		In aggiunta a quanto sopra dovrà essere verificata la potenziale contaminazione del sito		IGT – SV – ISS - PCA	RE – CO – CA - BO
		Dovranno comunque essere valutate le possibili interferenze nei confronti della falda idrica		IGT - SV	RE - CO

CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA	CARATTERISTICHE	PARERE SULL'EDIFICABILITA'	OPERA EDIFICATORIA AMMISSIBILE	INDAGINE DI APPROFONDIMENTO NECESSARIA	INTERVENTI DA PREVEDERE
FATTIBILITA' III	Aree in cui sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici.	Dovranno comunque essere valutate le possibili interferenze nei confronti della falda idrica		IGT – SCID – SCI[1]	RE - CO
				IGT – SCID – SCI	RE - CO
				IGT – SV – SCID - SCI	RE - CO
				IGT – SV – SCID – SCI	RE – CO -CA
		In aggiunta a quanto sopra dovrà essere verificata la potenziale contaminazione del sito		IGT – SV – ISS – PCA – SCID – SCI	RE – CO – CA - BO
		Dovranno comunque essere valutate le possibili interferenze nei confronti della falda idrica		IGT – SV - SCID	RE - CO

[1] SCI – Solamente se l'area ricande nella fascia individuata dal PAI come esondabile

CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA	CARATTERISTICHE	PARERE SULL'EDIFICABILITA'	OPERA EDIFICATORIA AMMISSIBILE	INDAGINE DI APPROFONDIMENTO NECESSARIA	INTERVENTI DA PREVEDERE
FATTIBILITA' IV	L'alta pericolosità / vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso	Non consentita. Sono permessi solamente gli interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro e risanamento conservativo senza aumento di superficie, volume o carico insediativo			

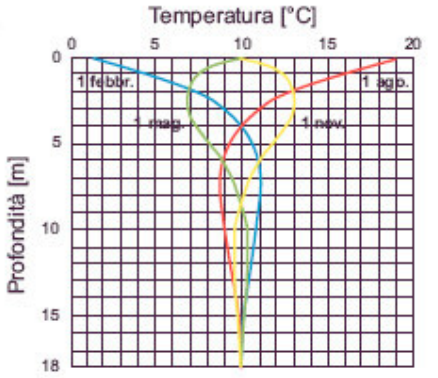
LEGENDA

DEFINIZIONE / TIPOLOGIA	DESCRIZIONE
	Edilizia singola uni – bifamiliare 2 piani al massimo, di limitata estensione
	Edilizia intensiva uni – bifamiliare 2 piani al massimo, o edilizia plurifamiliare
	Edilizia plurifamiliare di grande estensione o edilizia pubblica Edilizia produttiva di modesta estensione areale (< 500 mq)
	Edilizia produttiva di significativa estensione areale (> 500 mq)
	Cambi di destinazione d'uso di ambiti produttivi
	Opere infrastrutturali, posa di reti tecnologiche o lavori di escavazione e sbancamento
INDAGINI PREVENTIVE[2]	
RG	Rilevamento geologico di dettaglio e profilo geotecnica a mezzo assaggi con escavatore e/o dati bibliografici
IGT	Indagini geotecniche con prove in situ e/o laboratorio comprensive di rilevamento geologico di dettaglio anche a mezzo di escavatori
SV	Valutazione della stabilità dei fronti di scavo
PCA	Piano di caratterizzazione ambientale ai sensi del D.Lgs 152/06
ISS	Indagini sullo stato di salubrità dei suoli preventivo a cambio di destinazione d'uso di ambienti produttivi
SCI - VRE	Studi di compatibilità idraulica e verifica del rischio di esondazione
INTERVENTI DA PREVEDERE IN FASE PROGETTUALE	
RE	Opere di regimanzione idraulica e smaltimento delle acque sotterranee
CO	Collettamento degli scarichi di fognatura
CA	Predisposizione di sistemi di controllo ambientale per insediamenti a rischio di inquinamento da definire in relazione alle tipologie di intervento: Piezometri di controllo della falda a monte e a valle flusso dell'insediamento; indagini nel terreno non saturo per l'individuazione di eventuali contaminazioni in atto
BO	Interventi di bonifica secondo quanto definito dal D.Lgs 152/06.

[2] Vengono indicati gli standard minimi richiesti

5. FONTI RINNOVABILI

5.1. GEOTERMIA



Il sole causa una variazione della temperatura in superficie fino a circa 20 m [2].

Il termine geotermia deriva dal greco *geos* (terra) e *thermòs* (calore) ed il significato letterale è *"calore della Terra"*. Per energia geotermica si intende infatti, quella contenuta, sotto forma di "calore", al suo interno che si dissipa con regolarità verso la superficie della terra. La temperatura del terreno è influenzata dalla temperatura dell'aria esterna fino alla profondità di circa 10 m; oltre i 10 m di profondità, la temperatura del terreno aumenta da 1 a 3 °C ogni 30 m circa, in funzione del tipo di terreno ma non risente delle variazioni di temperatura, sia giornaliere che stagionali, dell'aria esterna.

In inverno, dunque, la temperatura del terreno aumenta passando dal valore di superficie, pari a quello dell'aria esterna (ad esempio 2 ÷ 10°C), fino a raggiungere, alla profondità di 10 m, la temperatura di 10 °C. D'estate, viceversa, la temperatura del terreno diminuisce passando dal valore di superficie, pari a quello dell'aria esterna (30 ÷ 40°C) fino a 10 °C, alla profondità di 10 m.

Alla profondità di penetrazione delle sonde geotermiche (100 m), la temperatura del terreno varia dai 12 °C ai 20 °C.

Nella maggior parte delle aree terrestri, le rocce hanno una temperatura di circa 25-30°C a 500 m di profondità, e di 35-45°C a 1000 m.

5.1.1. Tipologie di sistemi geotermici

Inizialmente erano considerati solo i sistemi geotermici idrotermali, con un serbatoio in

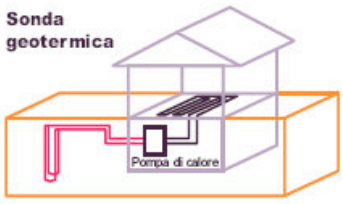
cui il calore si propaga per convezione a seguito dei moti convettivi dei fluidi contenuti e che possono essere ad acqua dominante (con contenuto energetico inferiore) o a vapore dominante (con contenuto energetico molto elevato).

In realtà esistono in natura altre situazioni geologiche in cui è presente calore in quantità potenzialmente utilizzabile.

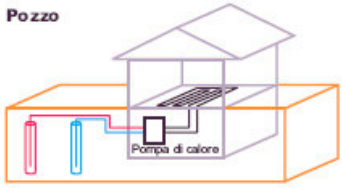
Si fa riferimento ai sistemi geopressurizzati, i quali non hanno alcuna comunicazione con la superficie e in cui il calore si propaga per conduzione; oppure ai sistemi geotermici in rocce calde e secche, che non contengono in origine neanche il fluido, ma che possono essere artificialmente fratturate dando luogo ad un serbatoio geotermico artificiale.

Nei sistemi magmatici, infine, si sfrutta l'idea di estrarre energia da magmi a profondità accessibile ai mezzi di perforazione.

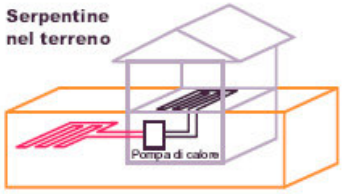
Per sistema geotermico, quindi, si intende *"qualunque risorsa sotterranea con la quale si possa scambiare calore"*: I sistemi idrotermali sono finora gli unici ad essere sfruttati a livello industriale per la produzione di energia elettrica. Gli altri tre tipi sono in fase di studio o di sperimentazione più o meno avanzata.



5.1.2. Per cosa si utilizza il calore geotermico



Esistono *"due geotermie"*: quella classica, relativa allo sfruttamento di anomalie geologiche o vulcanologiche (temperatura > 150°C) e quella a *"bassa entalpia"*, (temperatura medio - bassa <150°C), relativa allo sfruttamento del sottosuolo come serbatoio termico dal quale estrarre calore durante la stagione invernale ed al quale cederne durante la stagione estiva.



Il primo tipo di geotermia, quello "classico" riguarda la produzione di energia elettrica e le acque termali utilizzate a fini di riscaldamento e non è sfruttabile nel territorio comunale di Ferno.

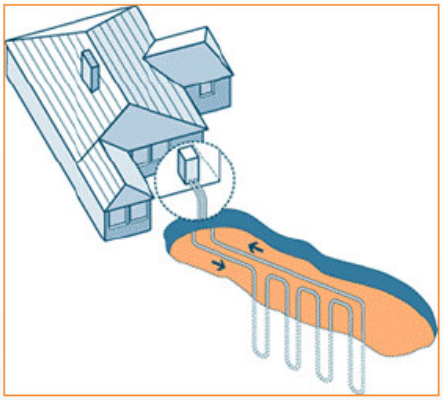
La geotermia a *bassa entalpia*, invece, è quella "geotermia" con la quale qualsiasi edificio,

in qualsiasi luogo della terra, può riscaldarsi e raffrescarsi senza usare la classica caldaia d'inverno ed il gruppo frigo d'estate: il sistema è applicabile in qualsiasi tipo di sottosuolo, ed in qualsiasi regione d'Italia.

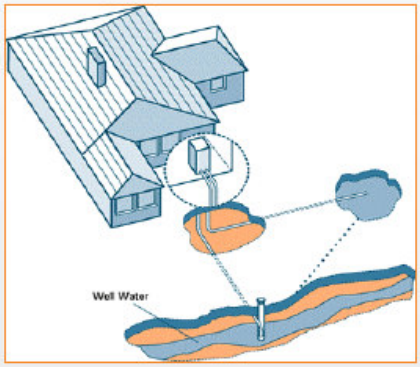
5.1.3. Limiti e vantaggi

Premesso quanto sopra è da precisare che l'unico limite della tecnologia risiede nel fatto che è economicamente appetibile solo in presenza di *"terminali a bassa temperatura"* quali pavimenti riscaldanti o radiatori a bassa temperatura. Tra le numerose tecniche che possono essere utilizzate per trarre profitto da questa fonte di calore pressoché infinita, quella più diffusa, soprattutto in nordeuropa e nordamerica, è l'impiego di pompe di calore accoppiate al terreno, che possono operare anche reversibilmente.

La stessa sorgente termica invernale può essere utilizzata come serbatoio termico estivo e pertanto, con lo stesso impianto di sonde geotermiche è possibile non solo riscaldare un edificio, ma anche raffreddarlo, sfruttando il freddo del sottosuolo, tramite una particolare tecnica chiamata *geocooling*.



GSHP a circuito chiuso con sonde verticali



GSHP a circuito aperto con sonde immerse in acqua

5.1.4. Applicazione del calore geotermico

Gli impieghi non elettrici dei fluidi geotermici, particolarmente delle acque calde, che abbiano oppure

no finalità energetica, utilizzabili nel territorio comunale di Ferno, possono essere raggruppati nelle seguenti categorie d'utilizzo:

- usi industriali
- riscaldamento di luoghi abitati ed altri usi civici

È questo il settore della geotermia a bassa energia, o a bassa entalpia. In base ai dati relativi alle temperature del sottosuolo attualmente disponibili sul territorio provinciale, le prospettive di utilizzo della risorsa geotermica sono principalmente indirizzate al riscaldamento di edifici mediante sonde geotermiche verticali accoppiate a pompe di calore oppure, considerato che la prima falda freatica non può essere utilizzata ai fini potabili, sistemi di pozzi con prelievo e successiva resa alla falda stessa. La prima tecnologie, è preferibile per il basso impatto ambientale (il circuito è chiuso e non viene rilasciata acqua in falda con rischio di contaminazione) mentre la seconda presenta oltre a costi di gestione quasi nulli, un minor costo realizzativi, ammortizzabile talvolta in pochi anni dall'installazione dell'impianto.

5.1.4.1. Riscaldamento /climatizzazione di luoghi abitati ed altri usi civili

Grazie alle sue favorevoli proprietà fisiche, il sottosuolo (rocce e acque sotterranee) può essere utilizzato quale sorgente fredda per una pompa di calore, ma anche quale luogo per lo stoccaggio stagionale di calore e di freddo.
Il raffreddamento di ambienti è realizzabile quando impianti ad assorbimento possono essere adattati al funzionamento con i fluidi geotermici disponibili. Questi impianti dispongono di una tecnologia ben conosciuta e sono reperibili sul mercato senza difficoltà. Funzionano seguendo un ciclo che utilizza il calore invece dell'elettricità come sorgente di energia.
Il raffreddamento è ottenuto utilizzando due fluidi: un refrigerante, che circola, evapora (assorbendo calore) e condensa (cedendo calore), e un fluido secondario o assorbente.

5.1.4.2. Usi industriali

Per usi industriali, si intendono tutti quegli utilizzi non legati ad attività residenziali e/o

commerciali di modesta entità tali da non poter essere gestiti mediante Sonde Geotermiche Verticali (SGV). In questi casi, visto gli elevati volumi da riscaldare, sono da preferire i sistemi che utilizzano pozzi realizzati nella prima falda (se inquinata) con sistemi di prelievo e successiva resa.

5.1.5. Le tecnologie di utilizzo termico del terreno come fonte di calore

Di seguito si descrivono brevemente alcune tra le più diffuse tecnologie per lo sfruttamento del terreno come fonte di calore, applicabili al territorio comunale di Ferno, ovvero:

- sonde geotermiche e pompe di calore;
- pali energetici;
- sfruttamento diretto della falda.

5.1.5.1. Le sonde geotermiche

Le sonde geotermiche utilizzano la risorsa geotermica di scarsa profondità e bassa temperatura (lo sfruttamento della risorsa è conveniente già a partire da 12°C). Oltre i 10 metri di profondità la temperatura del sottosuolo è costante e non dipende più dalle escursioni termiche giornaliere nè stagionali. Le sonde geotermiche verticali (SGV) sono degli scambiatori di calore installati in perforazioni, in prossimità dell'edificio da riscaldare, che vanno dai 50 fino ai 100 metri di profondità. Queste, realizzate in prossimità dell' edificio da scaldare, hanno un diametro di 10-15 cm ed al termine dei lavori, non rimane nulla di visibile in superficie.
Le SGV possono essere installate in quasi tutti i tipi di formazioni rocciose: il numero e la profondità delle perforazioni sono determinati in base al volume dei locali da scaldare ed al tipo di terreno.
Il tipo di sottosuolo infatti, gioca un ruolo importante e la conoscenza appropriata delle sue caratteristiche termiche e idrogeologiche è determinante per il dimensionamento corretto dell'impianto:

- Non tutti i tipi di rocce e di terreni dimostrano lo stesso rendimento termico.

• Le installazioni di pozzi necessitano della presenza di acque di falda in quantità soddisfacenti.

La tabella seguente presenta le differenze nel rendimento termico di alcuni tipi di sottosuolo per sonde geotermiche. Le sonde geotermiche estraggono una quantità specifica per ogni metro di lunghezza: più alta è la conducibilità termica del sottosuolo, più alta chiaramente è la quantità estratta.

Sottosuolo	Rendimento [W/m]
Sottosuolo cattivo (terreno asciutto)	20
Roccia o terreno umido	50
Roccia con alta conducibilità	70
Ghiaia, sabbia, asciutta	< 20
Ghiaia, sabbia, satura	55-65
Argilla, limo, umido	30-40
Roccia calcare	45-60
Arenaria	55-65
Granito	55-70
Gneiss	60-70

Valori approssimativi di rendimenti specifici per diversi tipi di sottosuolo per sonde geotermiche.

Al fine di fornire un'indicazione di massima sugli elementi e sul funzionamento di un impianto ad energia geotermica, illustreremo di seguito gli elementi essenziali presenti in un impianto a Sonde Geotermiche Verticali. Questo è composto da:

- *SONDA GEOTERMICA* inserita in profondità per scambiare calore con il terreno.
- *POMPA DI CALORE,* installata in centrale termica;
- *SISTEMA DI DISTRIBUZIONE* del calore a bassa temperatura all'interno dell'ambiente (impianto a pannelli radianti sottopavimento);

Lo scambio di calore con il terreno avviene tramite la sonda di captazione, installata con una perforazione del diametro di poche decine di centimetri accanto all'edificio, invisibile dopo la costruzione. La presenza d'acqua nel

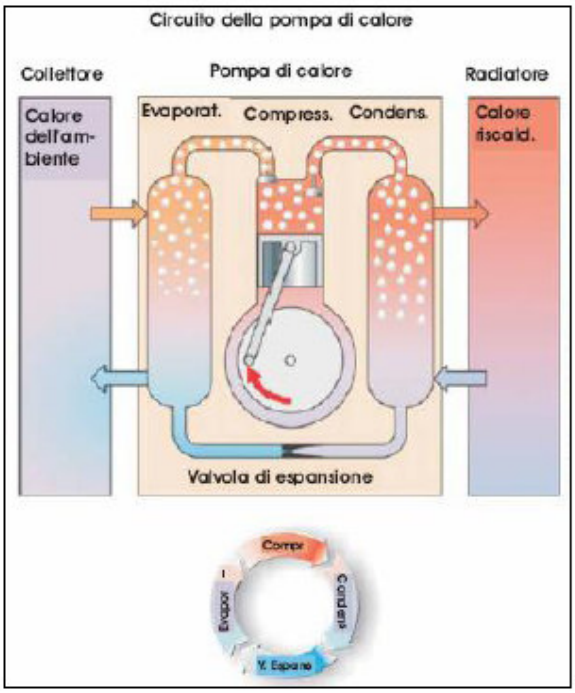
terreno, aumenta il rendimento di un impianto migliorando il contatto tra l'impianto e il sottosuolo. Se l'acqua è in movimento, ha come ulteriore effetto positivo l'asportazione di energia termica che può essere sfruttata.

Un fluido termoconduttore è pompato in un circuito chiuso all'interno di uno o due tubi di polietilene a forma di U e lo spazio vuoto tra questi ed il terreno circostante, è riempito con una miscela di bentonite e cemento che assicura un buon contatto termico tra i tubi e la parete della perforazione.

Il numero delle sonde geotermiche e la profondità d' installazione (da 50 a 150 metri) variano in funzione dell'energia termica richiesta. Ogni sonda è formata da n. 2 moduli, ciascuno dei quali costituito da una coppia di tubi in polietilene uniti a formare un circuito chiuso (un tubo di "andata" e uno di "ritorno").

Questo fluido recupera il calore dal terreno e fornisce l'energia geotermica ad una pompa di calore (PAC), dimensionata secondo la potenza di riscaldamento necessaria, che permette di innalzare la temperatura al livello desiderato (circa 35°).

I tubi delle sonde sono collegati in superficie con un apposito collettore connesso alla pompa di calore. Durante l'inverno il terreno ha una temperatura generalmente superiore a quella esterna, il fluido glicolato scendendo in profondità attraverso le sonde, sottrae energia termica al terreno.



Tornato in superficie ad una temperatura maggiore, provoca l'evaporizzazione del refrigerante che circola nel sistema della pompa di calore, il liquido si espande ed assorbe calore dalla sorgente esterna, ovvero tramite le sonde geotermiche, dal terreno.

La pompa di calore è una macchina termica in grado di trasferire il calore

da un corpo più freddo ad uno più caldo, innalzandone la temperatura; essa estrae calore da una sorgente a bassa temperatura, sorgente fredda, con dispendio di energia esterna che può essere di natura elettrica e meccanica.

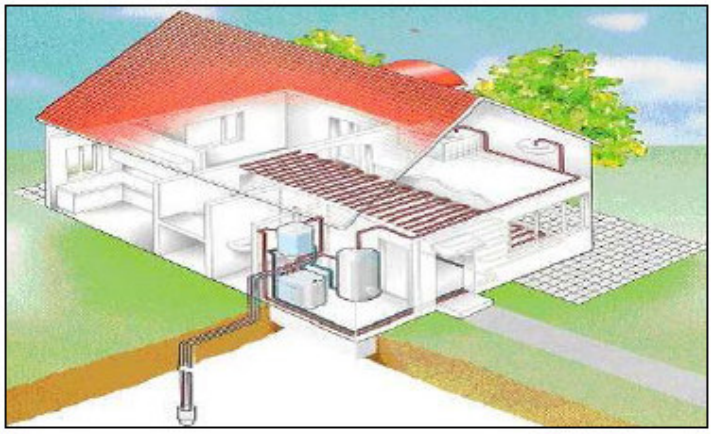
All'uscita dell'evaporatore il fluido, ora allo stato gassoso, viene aspirato all'interno del compressore che, azionato da un motore elettrico, fornisce l'energia meccanica necessaria per comprimere il fluido, determinandone così un aumento di pressione e conseguentemente di temperature.

Il fluido viene così a trovarsi nelle condizioni ottimali per passare attraverso il condensatore (scambiatore).

In questa fase si ha un nuovo cambiamento di stato del fluido, che passa, da stato gassoso a quello liquido **CEDENDO CALORE** all'aria o all'acqua che sono utilizzati come fluido vettore per il riscaldamento degli ambienti.

Il ciclo termina con la sua ultima fase dove il liquido passa attraverso una valvola d'espansione trasformandosi parzialmente in vapore e raffreddandosi, riportandosi così alle condizioni iniziali del ciclo.

Lo stesso identico sistema con opportuni accorgimenti impiantistici provvede anche al **CONDIZIONAMENTO ESTIVO**, in questo caso il ciclo viene invertito ad il sistema cede al terreno il calore estratto dell'ambiente interno raffreddandolo.



Utilizzando le sonde geotermiche la temperatura di riferimento è invece di circa 16°C, il salto di temperatura nelle macchine che devono produrre acqua refrigerata a 7°C, si riduce drasticamente, aumentando notevolmente la resa e riducendo di conseguenza, in modo rilevante i consumi di energia ed i costi di gestione.

A questo si aggiunge il vantaggio di poter effettuare anche un preraffreddamento dell'aria utilizzando direttamente il fluido circolante nelle sonde geotermiche, mentre l'acqua

refrigerata viene usata solo per la deumidificazione raffreddando l'aria sotto il punto di rugiada.

Con le pompe di calore si ha quindi il vantaggio di sfruttare una sola macchina, che grazie ad una valvola diventa reversibile poiché presenta la possibilità di invertire le funzioni dell'evaporatore e del condensatore, fornendo così aria fredda in estate e aria calda in inverno.

L'inversione tra i due sistemi, riscaldamento e raffrescamento, può avvenire o con un'inversione sul ciclo o con un'inversione sull'impianto.

La tecnica di prelevare calore con una sonda geotermica è altamente affidabile e fa ormai parte dei modi convenzionali di riscaldamento, ben conosciuta e sfruttata in tutto il Nord Europa e negli Stati Uniti. In generale per il condizionamento estivo si è costretti al raffreddamento delle macchine frigorifere con l'aria, la cui temperatura di riferimento estiva è di 32°C.

L'efficienza di una pompa di calore è rappresentata dal coefficiente di prestazione COP (Coefficient of Performance), inteso come rapporto tra l'energia termica resa al corpo da riscaldare e l'energia elettrica consumata perché possa avvenire il trasporto di calore medesimo.

La termodinamica ci insegna, ma ce lo suggerisce anche il buon senso, che il lavoro necessario per portare l'energia termica da un livello di temperatura più basso ad uno più alto è proporzionale a tale dislivello o salto di temperatura.

Da ciò consegue la prima buona regola energetica di utilizzare per il riscaldamento di ambienti abitati, che vanno mantenuti a temperatura di comfort intorno ai 20º, temperature per i fluidi di riscaldamento degli impianti non superiori ai 35º sufficienti allo scopo.

Con acqua disponibile a 10º-15º, il salto di temperatura è conseguentemente di solo 20º-25º e, in queste condizioni, il rapporto tra calore reso all'impianto di riscaldamento

e la potenza richiesta dalla pompa di calore nelle buone macchine moderne si aggira intorno a 4, potendo giungere anche a 5.

Ciò significa che, spendendo 1 kW elettrico per l'azionamento dell'impianto si ottengono almeno 4 kW termici per l'utenza; gli altri 3 KW, ovvero il 75% del fabbisogno termico, vengono prelevati dall'ambiente e, più precisamente, nel caso da noi ipotizzato, dal sottosuolo inteso come fonte "geotermica".

Sottosuolo	Conducibilità termica	Potenza d'estrazione	Lunghezza della sonda geotermica per kW di potenza di riscaldamento (m)	
	(W/m K)	(W/m)	COP = 3	COP = 3,5
Sottosuolo di cattiva qualità (rocce mobili secche)	meno di 1,5	20	33	36
Rocce indurite o rocce mobili sature d'acqua	1,5 a 3,0	50	13	14
Rocce indurite a conducibilità termica elevata	superiore a 3,0	70	19,5	10
Ghiaia, sabbia, secco	0,4	meno di 20	superiore a 33	superiore a 36
Ghiaia, sabbia, acquifero	1,8 a 2,4	55 a 65	10 a 12	11 a 13
Argilla, limo, umido	1,7	30 a 40	17 a 22	18 a 24
Calcare, massiccio	2,8	45 a 60	11 a 15	12 a 16
Arenaria	2,3	55 a 65	10 a 12	11 a 13
Granito	3,4	55 a 70	9,5 a 12	10 a 13
Basalto	1,7	35 a 55	12 a 19	13 a 20
Gneiss	2,9	60 a 70	9,5 a 11	10 a 16

Le SGV sono usate per fornire riscaldamento a ville familiari, immobili o piccoli quartieri residenziali e si tratta di una tecnologia collaudata che, nella sola Svizzera, presenta più di 30.000 installazioni questo tipo.

Le sonde geotermiche possono essere a circuito chiuso, con due circolazioni separate terreno/abitazione o aperto, con un solo circuito, tuttavia con quest'ultimo possono verificarsi contaminazioni delle falde acquifere e pertanto sono da sconsigliare.

Una ulteriore variante di questa tecnologia sono i fasci di tubi (sonde orizzontali, con tubazioni dritte o sonde a spirale), che, interrati orizzontalmente fino ad una profondità massima di 3 m, sottraggono calore al suolo. Il loro metodo di funzionamento è quasi identico a quello delle sonde geotermiche verticali, ma è meno utilizzato richiedendo maggior spazio e sviluppo delle sonde.

Grazie alla pressoché costanza della temperatura nel sottosuolo, in inverno la sonda

geotermica preleva calore da utilizzare per il riscaldamento dei locali, mentre in estate la pompa di calore sottrae calore dall' abitazione disperdendolo nel sottosuolo.

VANTAGGI DEL SISTEMA

La realizzazione di un impianto geotermico completo (riscaldamento + raffrescamento) è oggi una delle migliori soluzioni possibili per la climatizzazione degli ambienti, in quanto presenta i seguenti vantaggi:

- *INDIPENDENZA COMPLETA DA COMBUSTIBILI FOSSILI*

➢ Gasolio, GPL, gas metano, pallets, biomassa;

➢ Utilizza energia rinnovabile del terreno, rigenerabile e sempre disponibile in quantità illimitata;

- *SALVAGUARDIA DELL'AMBIENTE*

➢ Azzeramento delle emissioni di CO2 e/o altre emissioni inquinanti in atmosfera (NOx , SO2, CO2);

➢ L'Ente di Protezione dell'Ambiente degli USA ha affermato che i sistemi ghp sono la tecnologia più efficiente e più pulita per riscaldare e condizionare gli ambienti;

➢ Installare un impianto Geotermico in una villetta equivale mediamente a piantare all'incirca 4000 m2 di alberi o a togliere dalla circolazione 2 auto;

➢ Le installazioni attuali di sistemi ghp equivalgono al risparmio di 14 milioni di barili di petrolio all'anno, a togliere dalle strade 500.000 auto o piantare più di 1 milione di acri di alberi con la riduzione di più di 1 milione di tonnellate di anidride carbonica all'anno;

- *NOTEVOLE COMFORT DELL'ABITAZIONE*

➢ Uniformità di temperatura nei diversi locali;

➢ Flessibilità (possibilità di impostare una diversa temperatura nei singoli ambienti);

➢ Miglior sfruttamento degli spazi interni (assenza di corpi scaldanti e caldaie);

➢ Funzionamento silenzioso.

➢ Un solo sistema per riscaldare e raffrescare;

➢ Nessun inestetico dispositivo visibile all'esterno;

- La riduzione dei consumi varia dal 40% ad oltre il 70%;

5.1.5.2. I pali energetici

I pali energetici sono delle geostrutture (principalmente pali) in calcestruzzo o calcestruzzo armato dalla duplice funzione:

- Funzionare come fondazioni profonde
- fornire calore all' edificio che sostengono.

All'interno dei pali sono installati dei tubi in polietilene ad U (due o più a seconda del diametro del palo da 0,4 a 1,5 m). Un fluido portatore di calore circola nel circuito chiuso tra i pali e la pompa di calore.
I pali energetici funzionano secondo un ciclo annuale, con un' estrazione di calore dal terreno durante la stagione di riscaldamento ed un' estrazione di freddo durante il periodo di climatizzazione.

5.1.5.3. Sfruttamento diretto della falda freatica

Nel territorio in esame, la temperatura delle acque sotterranee superficiali presenta, al disotto dei 20-30 metri di profondità, presenta delle temperature costanti superiori ai 12° C. Lo sfruttamento della falda freatica è possibile attraverso pozzi unici o multipli (pozzi di produzione e d'iniezione) e richiede una concessione da parte della Provincia di Varese.
Dopo aver estratto l'acqua sotterranea attraverso l'emungimento di un pozzo, una pompa di calore trattiene la sua energia e fornisce una temperatura sufficiente per il riscaldamento delle abitazioni. Una volta raffreddata, l'acqua viene reimmessa in falda mediante un secondo pozzo.
Tale sistema, se per un verso presenta un'evidente semplicità di realizzazione e di utilizzo della risorsa, d'altra parte necessita di una più attenta progettazione ed esecuzione dato che potrebbe portare ad un depauperamento della falda (se l'acqua emunta non viene reimmessa) od a possibili fenomeni di contaminazione della stessa (se il circuito

d'iniezione non è totalmente chiuso).

5.2. SONDE GEOTERMICHE VERTICALI - PRESCRIZIONI

La sonda geotermica (SG) rappresenta un'alternativa sostenibile per l'ambiente e per lo sfruttamento di una risorsa energetica rinnovabile per il riscaldamento e la refrigerazione di edifici.

E' comunque da tener presente che tale opportunità se non adeguatamente sfruttata e pianificata può essere causa di danni ambientali poiché:

- Durante la perforazione ed il rinterro del foro gli additivi utilizzati possono contaminare il sottosuolo o l'acqua di falda.
- Durante la perforazione possono essere penetrati strati impermeabili collegando diversi acquiferi. Una forte risalita di acque artesiane può impedire il ritombamento dei fori di perforazione.
- Durante la perforazione e il ritombamento del foro possono essere coinvolte o prosciugate utenze d'acqua adiacenti.
- In aree franose o di forte allentamento tettonico le sonde geotermiche possono essere distrutte post operam.
- Irregolarità nell'esercizio (es. perdite dalle sonde) possono comportare l'inquinamento del sottosuolo e/o della falda.

5.2.1. Divieti:

La posa in opera di sonde geotermiche è pertanto vietata nelle zone di rispetto e tutela assoluta relative ai pozzi di attingimento dell'acquedotto potabile comunale, così come definiti dal D.Lgs. 152/06;

In ogni caso vanno rispettate le seguenti distanze di rispetto:

- Entro un raggio di 30 m da qualsiasi pozzo e di 100 m da pozzi idropotabili privati.

Le perforazioni devono rispettare le distanze legali dal limite di proprietà e comunque una distanza minima di 6 m. La riduzione della distanza minima dal limite di proprietà è

sottoposta alla dichiarazione di assenso da parte del proprietario dell'immobile confinante.

5.2.2.Procedure autorizzative

Ai sensi dell'art. 22, comma 5 del Regolamento Regionale n. 2 del 24/03/2006 "Disciplina dell'uso delle acque superficiali e sotterranee, dell'utilizzo delle acque ad uso domestico, del risparmio idrico e del riutilizzo dell'acqua in attuazione dell'art. 52, comma 1, lettera c) della legge regionale n. 26 del 12/12/2003" per poter procedere a perforazioni per l'installazione di sonde geotermiche è necessario presentare idonea comunicazione alla Provincia di Varese corredata da relazione tecnica e nota di assenso del proprietario del terreno se diverso dal richiedente. Tale comunicazione deve essere inviata per conoscenza anche al Comune di Ferno.

Prima di procedere alla perforazione, il richiedente dovrà attendere 30 giorni dalla presentazione della comunicazione, decorsi i quali anche in assenza del nulla osta della Provincia di Varese è comunque possibile iniziare i lavori.

Esecuzione del foro di sondaggio per la messa di una sonda geotermica [5].

5.2.3. Adempimenti

Prima di iniziare la perforazione, e comunque con almeno 10 gg di anticipo, il richiedente deve presentare la denuncia di inizio lavori, comunicando la data di inizio dell'escavazione, il direttore dei lavori e la ditta esecutrice.

Durante la perforazione deve essere evitata qualsiasi conseguenza negativa per il suolo e sottosuolo. Vanno implementate misure di sicurezza per:

- Perdite di olio alla macchina perforatrice, perdite di prodotti specifici per la

perforazione (es. carburanti, lubrificanti, olii idraulici, additivi). Il terreno sotto la perforatrice deve essere protetto mediante teli impermeabili e vasche di raccolta.

- In cantiere devono sempre essere a disposizione idonei prodotti olio assorbenti.

- Acqua di perforazione: non deve comportare alcune conseguenze negative per il sottosuolo e per l'acqua di falda durante il suo utilizzo. Additivi devono essere evitati. Qualora venissero impiegati lo stesso, devono essere completamente biodegradabili. Acque e fanghi di perforazione vanno smaltiti secondo la normativa vigente se vengono utilizzati additivi.

- Infiltrazioni di acque superficiali: queste vanno impedite tramite una idonea strutturazione della zona attorno al foro di perforazione.

La posizione della perforazione deve essere garantita per quanto riguarda eventuali sottoservizi interrati.

Non è ammesso che la sonda geotermica perfori la base della falda freatica se l'acquifero sottostante può essere definito come isolato ed idoneo a scopo idropotabile. Qualora questo dovesse succedere deve essere fermata la perforazione e, in caso di fuoriuscita di acque artesiane, quest'ultima deve essere bloccata mediante misure idonee.

Una volta eseguito il foro, i circuiti della sonda vengono inseriti [5].

A lavoro eseguito è necessario presentare la denuncia di fine lavori corredata da Relazione Tecnica Finale e richiesta di licenza d'attingimento.

La documentazione completa deve essere indirizzata agli Uffici competenti della Provincia di Varese, completa di un rapporto di perforazione secondo i parametri di cui sotto:

- Composizione stratigrafica del sottosuolo, riferita al piano campagna (in base alla legge 4 agosto 1984, n. 464), applicando almeno le seguenti categorie: 1) terreni sciolti permeabili; 2) terreni sciolti impermeabili; 3) roccia; 4) contaminazioni del sottosuolo; 5) afflusso di acque sotterranee e 6) livello di falda misurato

- Afflussi di acqua di falda e perdite di acque di perforazione
- Tipo di perforazione e dati tecnici
- Utilizzo di rivestimenti
- Additivi utilizzati
- Quantitativi di sospensione iniettata a pressione per il ritombamento del foro
- Avvenimenti particolari

Ogni 6 metri e ad ogni cambiamento di formazione vanno eseguiti prelievi di campioni rappresentativi di terreni di risulta della prima perforazione eseguita.

5.2.4. Indicazioni tecniche operative

Durante il ritombamento del foro di perforazione deve essere posta la massima attenzione a garantire una impermeabilizzazione ottimale. Deve essere utilizzata una sospensione di cemento, acqua e bentonite che va iniettata a pressione mediante pompa a pistone od altra stazione di pompaggio a partire dal fondo del foro sino al piano campagna. La composizione deve garantire, dopo l'indurimento, una struttura compatta, duratura e sia chimicamente che fisicamente stabile.

Le sonde geotermiche devono essere di polietilene ad alta densità (PE-HD) e senza suture tra testa e piede. La pressione nominale minima deve essere pari a PN16. I collegamenti al piede devono essere completati esclusivamente dal produttore oppure mediante appositi giunti termosaldati.

La prova di tenuta deve essere eseguita come segue o con acqua o con aria:

- Prova di tenuta della sonda geotermica eseguita esclusivamente con aria (pressione di prova: minimo 10 bar; durata: minimo 1 ora; diminuzione di pressione tollerata: 0,2 bar; al raggiungimento della profondità di 80 metri deve essere aumentata la pressione di 0,1 bar per ogni ulteriore metro di profondità).
- Prova di tenuta della sonda geotermica ricolmata interamente con acqua (pressione di prova: minimo 6 bar; durata: minimo 4 ore; diminuzione di pressione tollerata: 0,5 bar);

Qualora un test di tenuta desse esito negativo la sonda difettosa va ricolmata definitivamente con sospensione di cemento, acqua e bentonite. Di ogni prova di tenuta va compilato un protocollo.

In caso di perdite, il liquido delle sonde deve essere smaltito secondo la normativa vigente e sostituito da una sospensione di cemento, acqua e bentonite.

Ogni singola sonda deve essere dotata di propria saracinesca e l''impianto deve essere dotato di manometro di sicurezza.

Sono ammesse solo condotte in materiale plastico prive di suture (PE-HD) resistente ad una pressione nominale minima pari a PN10.

La posa delle condotte di collegamento deve essere svolta sotto costante sorveglianza da parte di un esperto:

- In un letto di sabbia o calcestruzzo senza giunti a spinta
- Il raggio di curvatura fissato dal produttore non deve essere ridotto
- Vanno programmate curvature di dilatazione sufficienti in aree a rischio di cedimento
- In una profondità minima di 1 metro dal piano di campagna
- In caso di posa interrata le condotte devono essere protette da nastro di segnalazione

Sono ammessi i seguenti additivi antigelo:

- Glicole etilenico (etan diolo)
- Glicole propilenico (propan-1,2 diolo)
- Cloruro di calcio (CaCl2)
- Alcool etilico (etanolo)

È vietato l'utilizzo di inibitori della corrosione e pertanto condotte e valvole devono quindi essere resistenti alla corrosione.

5.3. SOLARE TERMICO

Il solare termico è una tecnologia usata ormai da decenni per la produzione dell'acqua calda sanitaria e per uso riscaldamento, per essiccazione, sterilizzazione, dissalazione e cottura cibi. Applicazioni di questo tipo sono testimoniate fin dal 1700. Inizialmente trovarono ampio spazio le tecnologie ad alta temperatura per la produzione di vapore

(concentratori parabolici), che non si affermarono, nonostante continue riduzioni dei costi, a causa delle espansioni successive dei combustibili fossili (carbone prima, petrolio poi).

L'energia solare termica può essere sfruttata nei seguenti modi:

- collettori piani e sottovuoto per la produzione di acqua calda per usi sanitari, riscaldamento e preriscaldamento acqua di processo;
- collettori piani ad aria;
- concentratori per la generazione elettrica e calore di processo.

Tra queste quelle più facilmente applicabili sono rappresentate dalle seguenti tre tecnologie di base:

- pannelli in materiale plastico,
- collettori piani vetrati,
- collettori sottovuoto.

La prima soluzione è caratterizzata dai costi più bassi ed è adatta all'impiego estivo, in quanto l'assenza di copertura vetrata comporta perdite per convezione troppo elevate per un uso con basse temperature esterne. L'acqua da riscaldare attraversa direttamente il pannello, evitando i costi e le complicazioni impiantistiche dello scambiatore. Essa rappresenta pertanto la soluzione ideale per le piscine scoperte.

I collettori piani sono la tecnologia più diffusa e più adattabile e rispetto a quelli in plastica offrono una resa buona tutto l'anno. Da un punto di vista costruttivo sono disponibili varie soluzioni che si distinguono per la selettività della piastra assorbente, per i materiali (rame, acciaio inox e alluminio anodizzato) e per l'essere idonee all'uso in impianti a circolazione forzata o naturale (meno costose, più affidabili, ma meno integrabili con le strutture architettoniche da un punto di vista estetico, perché il serbatoio di accumulo dev'essere posizionato più in alto del pannello e nelle immediate vicinanze).

Le dimensioni, pur essendo presenti sul mercato soluzioni particolari, prevedono di solito un ingombro vicino al classico 100x200 cm^2.

I collettori sottovuoto presentano il rendimento migliore in tutte le stagioni (circa un 15-20% di aumento di produzione energetica), grazie al sostanziale annullamento delle perdite per convezione. Il costo maggiore rispetto alla soluzione piana, comunque, ne consiglia l'adozione solo in casi particolari (temperature dell'acqua più elevate e/o clima rigido). Sono nella maggior parte dei casi di forma tubolare, permettendo l'inclinazione ottimale della piastra captante, anche se disposti secondo superfici orizzontali o verticali.

Dal punto di vista dell'integrazione architettonica esistono vari esempi di buone realizzazioni anche nel caso di tetti a falda. Ciò usualmente comporta il ricorso alla circolazione forzata e quindi ad una maggiore complessità di impianto. Va comunque detto che ormai la tecnologia è provata e affidabile, purché sia eseguita la manutenzione periodica prescritta dal costruttore.

Per valutare la produzione di energia termica si deve partire dalle caratteristiche di insolazione del sito, eventualmente corrette per tener conto di ombreggiamenti nel corso della giornata dovuti a palazzi, alberi o rilievi nelle vicinanze. Indicativamente si possono considerare i valori riportati in tabella, tratti dall'*Atlante europeo della radiazione solare* e riferiti ad un m^2 di superficie esposta a sud con un'inclinazione pari alla latitudine.

Irraggiamento	*Nord*	*Centro*	*Sud*
kWh/m^2/giorno	*3,8*	*4,6*	*5,0*

Con un rendimento di impianto compreso fra il 30% ed il 35%, valori mediamente accettabili, si ottiene una produzione complessiva annua compresa fra i 450 ed i 730 kWh/m^2.

5.3.1. Analisi energetica: calcolo dell'energia pro capite necessaria

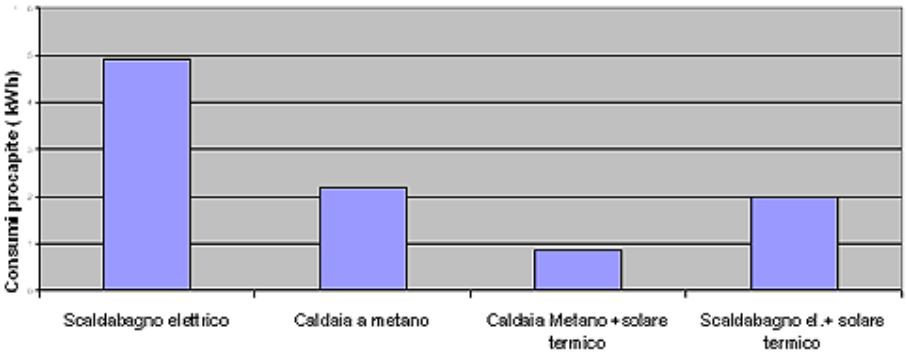
In media, in Italia si consumano circa 50 litri al giorno di acqua calda sanitaria pro capite, alla temperatura di 45°C. Ipotizzando una temperatura dell'acqua proveniente dall'acquedotto pari a 15 °C si può calcolare il quantitativo pro capite Q, di energia termica necessaria:

$$Q = G \cdot c_s \cdot (T_u - T_a) = 50\ l \cdot 1\ kcal/l\ °C \cdot 30\ °C = 1500\ kcal$$

Avendo indicato con:

G, massa d'acqua da scaldare (l)
c_s, calore specifico dell'acqua (kcal/l)
T_u, temperatura di utilizzo, pari a 45°C
T_a, temperatura acqua dell'acquedotto (°C).

La figura seguente mostra il risultato del confronto tra il fabbisogno energetico necessario per la produzione di acqua calda sanitaria con uno scaldabagno elettrico, con una caldaia a gas, un sistema caldaia gas/collettore solare termico ed un sistema scaldabagno elettrico/collettore solare termico, ferme restando le ipotesi sopra enunciate ed il quantitativo procapite di acqua necessaria.



Si osserva allora che, nel passaggio dalla soluzione con scaldabagno elettrico a quella con caldaia a gas integrata da collettori solari, il consumo energetico procapite passa da 4,93 a 0,87 kWh. E' il caso più interessante, dunque, che porta ad **una riduzione dell'82% del consumo energetico, a parità di servizio reso.**

Nel confronto tra il sistema basato sull'integrazione di collettore solare con una caldaia a gas e la caldaia stessa, si nota come il consumo passi da 2,18 kWh, per il caso della sola caldaia, a 0,87 kWh, per il sistema integrato. Nel passaggio dal solo scaldabagno elettrico ad uno scaldabagno integrato da collettori solari, il consumo energetico scende da 4,93 a 1,97 kWh.

5.3.2. Vantaggi ambientali

Un primo indicatore di confronto tra le diverse tecnologie a disposizione può essere ritenuta la quantità di anidride carbonica mediamente immessa nell'ambiente per produrre, nelle stesse condizioni, acqua calda sanitaria. Nel corso dell'analisi energetica, si è stimato che il fabbisogno di energia elettrica di un'utenza monofamiliare (4 persone) per produrre acqua calda sanitaria con uno **scaldabagno elettrico** è pari a 7,74 kWh (elettrici) /giorno. In Italia, per produrre un kWh elettrico, le centrali termoelettriche emettono nell'atmosfera in media 0,58 kg di anidride carbonica (CO_2), uno dei principali gas responsabili dell'effetto serra [Dati ENEL 1999]. Pertanto, lo scaldabagno in esame è indirettamente responsabile dell'immissione nell'atmosfera di:

0,58 kg CO_2 / kWh (elettrico) .7,74 kWh (elettrici) /giorno = 4,5 kg CO_2/giorno,

Questo significa che, per la sola acqua calda sanitaria, utilizzando lo scaldabagno elettrico, una famiglia immette quotidianamente nell'ambiente 4,5 kg CO_2 **(con una media procapite di 1,125 kgCO_2/giorno)**.

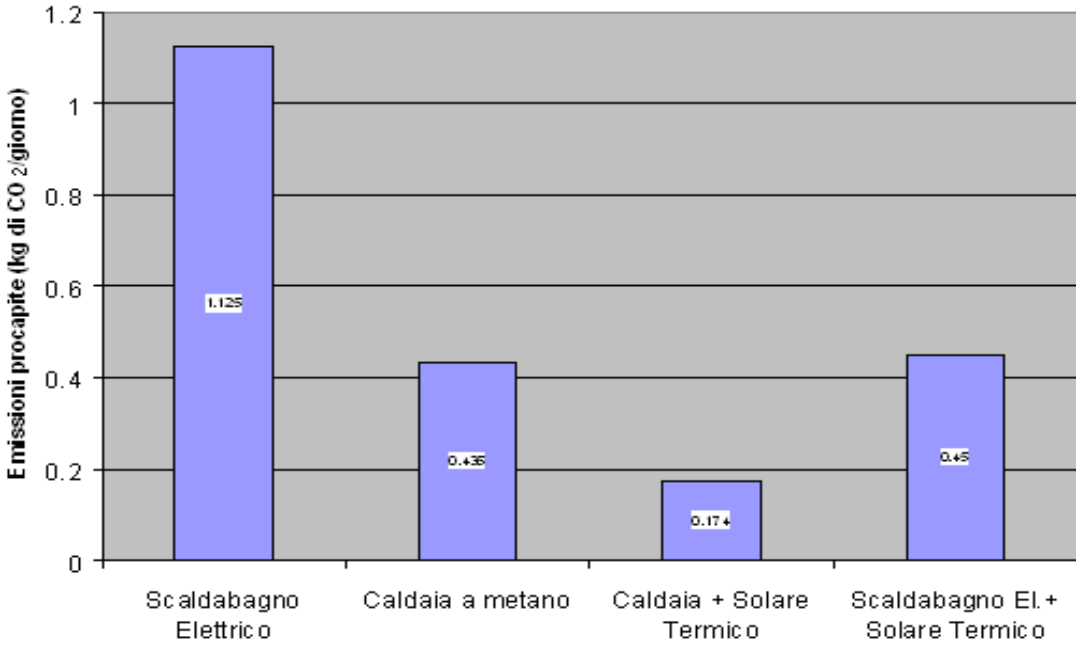
Nel caso di una **caldaia a metano**, nella combustione si formano 0,25 kg CO_2 per ogni kWh termico; una famiglia di 4 persone dà quindi origine alla seguente produzione giornaliera di anidride carbonica:

0,25 kg CO_2 . 6.97 kWh (termici) = 1,74 kg CO_2 /giorno

con **una media procapite di 0,435 kgCO_2/ giorno**.

Nel caso di **impianti ibridi solare /gas**, ossia impianti solari posti ad integrazione della caldaia a gas, assicurando lo stesso comfort durante tutto l'arco dell'anno, è possibile risparmiare, a Roma, il 60% del consumo di gas: la stessa famiglia produrrà, allora, giornalmente 0,69 kg CO_2, **con una media procapite di 0,174 kgCO_2/ giorno**.

La figura seguente riepiloga le emissioni di anidride carbonica generate nei diversi casi analizzati. La riduzione delle emissioni di CO_2 ottenuta con il sistema ibrido è notevole soprattutto rispetto al primo scenario: si passa da 1,125 kg di CO_2 emessi a 0,22 kg di CO_2 , con una riduzione percentuale dell'80%. Tra il caso di impiego della caldaia a metano e quello di integrazione di questa con i collettori si verifica una riduzione, in valore assoluto, di 0,33 kg di CO_2 procapite, mentre lo scaldabagno elettrico, se impiegato con il solare, porta ad una riduzione di 0,675 kg di CO_2.



Confronto sulle emissioni di anidride carbonica causate dalle diverse soluzioni esaminate

5.4. IMPIANTO FOTOVOLTAICO

La tecnologia fotovoltaica consente di trasformare direttamente in energia elettrica l'energia associata alla radiazione solare. Essa sfrutta il cosiddetto effetto fotovoltaico, basato sulle proprietà di alcuni materiali semiconduttori (fra cui il silicio, elemento molto diffuso in natura) che, opportunamente trattati ed interfacciati, sono in grado di generare elettricità una volta colpiti dalla radiazione solare (senza quindi l'uso di alcun combustibile).

Il dispositivo più elementare capace di operare una conversione dell'energia solare è la cella fotovoltaica, in grado di produrre una potenza di circa 1,5 Watt in condizioni standard. Vale a dire quando essa si trova ad una temperatura di

25°C ed è sottoposta ad una potenza della radiazione pari a 1.000 W/m².

Un modulo fotovoltaico tipo, formato da 36 celle, ha una superficie di circa mezzo metro quadrato ed eroga, in condizioni standard, circa 50W.

Il campo fotovoltaico è un insieme di moduli fotovoltaici, opportunamente collegati in serie e in parallelo, in modo da realizzare le condizioni operative desiderate. Più moduli assemblati meccanicamente tra loro formano il pannello.

La bassa densità energetica dell'energia solare necessita di grandi superfici per ottenere le alte energie necessarie a rifornire le abitazioni civili.

I sistemi fotovoltaici si distinguono in sistemi isolati (stand-alone) e sistemi collegati alla rete (grid connected), questi ultimi a loro volta si dividono in centrali fotovoltaiche e sistemi integrati negli edifici.

Nei sistemi isolati, in cui la sola energia è quella prodotta dal FV, occorre prevedere un sistema di accumulo (in genere costituito da batterie tipo quelle delle automobili, e dal relativo apparecchio di controllo e regolazione della carica), reso necessario dal fatto che il generatore FV può fornire energia solo nelle ore diurne, mentre solitamente la richiesta energetica si ha durante tutte le ore del giorno.

E' opportuno prevedere quindi un dimensionamento del campo fotovoltaico in grado di permettere, durante le ore di insolazione, sia l'alimentazione del carico, sia la ricarica delle batterie di accumulo.

Nei sistemi fotovoltaici isolati, l'immagazzinamento dell'energia avviene, in genere, mediante accumulatori elettrochimici (tipo le batterie delle automobili). Tali accumulatori permettono di far fronte a punte di carico, senza dover sovradimensionare i generatori, nonchè di garantire la continuità dell'erogazione dell'energia anche in caso di basso (o nullo) irraggiamento o guasto temporaneo dei generatori.

Poichè l'energia prodotta dal generatore FV è sotto forma di corrente continua (CC), qualora si debbano alimentare apparecchi che funzionino con corrente alternata (AC), è necessario introdurre nel sistema un dispositivo elettronico, detto inverter, che provvede alla conversione da CC a AC.

L'inverter è un elemento essenziale negli impianti collegati alla rete elettrica (che è a AC a bassa tensione [BT]), ma può non esserci se il sistema è isolato (in tal caso tutte le apparecchiature presenti dovranno funzionare in corrente continua).

Nei sistemi collegati alla rete l'inverter è sempre presente mentre, al contrario degli impianti isolati, non è previsto il sistema di accumulo, poichè l'energia prodotta durante le ore di insolazione viene immessa nella rete. Viceversa, nelle ore notturne, il carico locale viene alimentato dalla rete: un meter provvede a scalare la differenza dal contatore.

Un sistema di questo tipo è, sotto il punto di vista della continuità di servizio, più affidabile di un sistema isolato. Il sistema fotovoltaico, nel suo insieme, capta e trasforma l'energia solare disponibile e la rende utilizzabile per l'utenza sotto forma di energia elettrica.

Sviluppata alla fine degli anni 50 nell'ambito dei programmi spaziali, per i quali occorreva disporre di una fonte di energia affidabile ed inesauribile, la tecnologia fotovoltaica (FV) si va oggi diffondendo molto rapidamente anche per applicazioni terrestri, come l'alimentazione di utenze isolate o gli impianti installati sugli edifici e collegati ad una rete elettrica preesistente. Il funzionamento dei dispositivi fotovoltaici si basa sulla capacità di alcuni materiali semiconduttori, opportunamente trattati, di convertire l'energia della radiazione solare in energia elettrica in corrente continua senza bisogno di parti meccaniche in movimento. Il materiale semiconduttore quasi universalmente impiegato oggi a tale scopo è il silicio. Il componente base di un impianto FV è la cella fotovoltaica, che è in grado di produrre circa 1,5 Watt di potenza in condizioni standard, vale a dire quando essa si trova ad una temperatura di 25 °C ed è sottoposta ad una potenza della radiazione pari a 1000 W/m². La potenza in uscita da un dispositivo FV quando esso lavora in condizioni standard prende il nome di potenza di picco (Wp) ed è un valore che viene usato come riferimento. L'output elettrico reale in esercizio è in realtà minore del valore di picco a causa delle temperature più elevate e dei valori più bassi della radiazione. Più celle assemblate e collegate tra di loro in una unica struttura formano il modulo fotovoltaico. Il modulo FV tradizionale è costituito dal collegamento in serie di 36 celle, per ottenere una potenza in uscita pari a circa 50 Watt, ma oggi, soprattutto per esigenza architettoniche, i produttori mettono sul mercato moduli costituiti da un numero di celle molto più alto e di conseguenza di più elevata potenza, anche fino a 200 Watt per ogni singolo modulo. A seconda della tensione necessaria all'alimentazione delle utenze elettriche, più moduli possono poi essere collegati in serie in una "stringa". La potenza elettrica richiesta determina poi il numero di stringhe da collegare in parallelo

per realizzare finalmente un generatore fotovoltaico. Il trasferimento dell'energia dal sistema fotovoltaico all'utenza avviene attraverso ulteriori dispositivi, necessari per trasformare ed adattare la corrente continua prodotta dai moduli alle esigenze dell'utenza finale. Il complesso di tali dispositivi prende il nome di BOS (Balance of System). Un componente essenziale del BOS, se le utenze devono essere alimentate in corrente alternata, è l'inverter, dispositivo che converte la corrente continua in uscita dal generatore FV in corrente alternata

5.4.1. Applicazioni

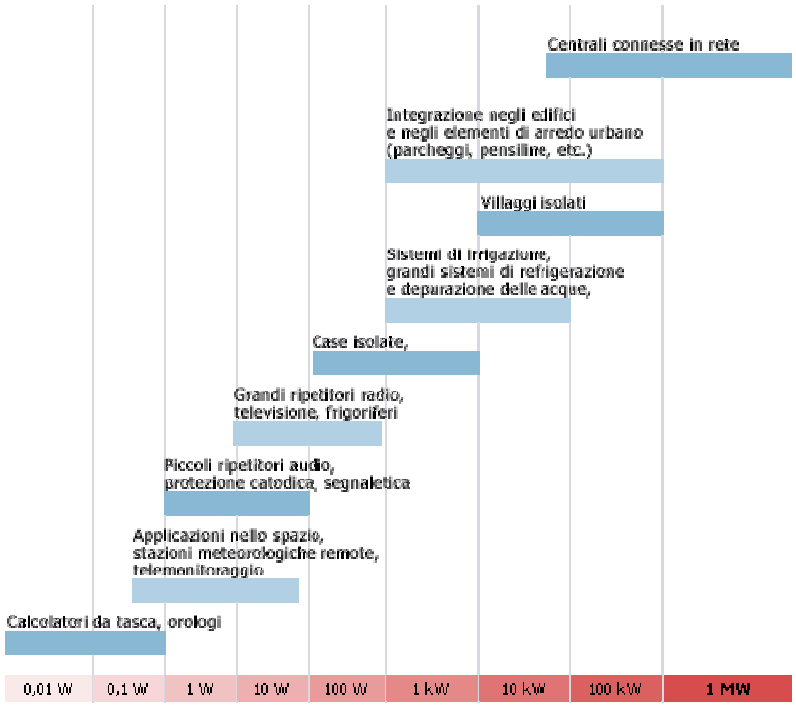
Data la loro modularità, i sistemi fotovoltaici presentano una estrema flessibilità di impiego. La principale classificazione dei sistemi fotovoltaici divide i sistemi in base alla loro configurazione elettrica rispettivamente in:

- sistemi autonomi ("stand alone")
- sistemi connessi alla rete elettrica ("grid connected")

I sistemi connessi alla rete elettrica si dividono a loro volta in:

- Centrali fotovoltaiche
- Sistemi integrati negli edifici

Il diagramma seguente mostra le principali applicazioni dei dispositivi FV classificate secondo la potenza elettrica.



5.4.2. Potenzialità del fotovoltaico

La quantità di energia elettrica prodotta da un sistema fotovoltaico dipende da numerosi fattori:

- superficie dell'impianto
- posizione dei moduli FV nello spazio (angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale ed angolo di orientamento rispetto al Sud)
- valori della radiazione solare incidente nel sito di installazione
- efficienza dei moduli FV
- efficienza del BOS
- altri parametri (p.es. temperatura di funzionamento)

A titolo di esempio viene calcolata la quantità di energia elettrica mediamente prodotta dai sistemi fotovoltaici in un anno di funzionamento in Lombardia (Milano). Ai fini del calcolo si può ragionare indifferentemente per m² di pannelli o per unità di potenza installata (ad es. 1 kWp). Si ipotizza che i pannelli FV siano inclinati di 30° sull'orizzontale ed orientati verso Sud. Per l'efficienza dei moduli si è preso un valore conservativo di

12.5% (i moduli possono avere efficienze anche fino al 16 – 17%), mentre per quella del BOS un valore dell'85% (include l'efficienza dell'inverter ed altri fattori di perdita, come ad esempio le perdite nei cavi elettrici di collegamento.

Calcolo dell'energia elettrica mediamente prodotta in corrente alternata in un anno da 1 m² di moduli:

Insolazione media annua	X Efficienza moduli	X Efficienza del BOS	= Elettricità prodotta mediamente in un anno
1372.4 kWh/m² anno	12,5%	85%	145.8 kWhel/m² anno

Calcolo dell'energia elettrica in corrente continua mediamente prodotta in un anno da 1 kWp di moduli:

Insolazione media annua	X Efficienza moduli	X superficie occupata da 1 kWp di moduli	= Elettricità prodotta mediamente in un anno in corrente continua
1372.4 kWh/m² anno	12,5%	8 m²	1372.4 kWhel/kWp anno

Calcolo dell'energia elettrica in corrente alternata mediamente prodotta in un anno da 1 kWp di moduli:

Elettricità prodotta mediamente in un anno in corrente continua	X efficienza del BOS	= Elettricità prodotta mediamente in un anno in corrente alternata
1372.4 kWhel/kWp anno	85%	1167 kWhel/kWp anno

5.4.3. Vantaggi ambientali

I vantaggi dei sistemi fotovoltaici sono la modularità, le esigenze di manutenzione ridotte (dovute all'assenza di parti in movimento), la semplicità d'utilizzo, e, soprattutto, un impatto ambientale estremamente basso. In particolare, durante la fase di esercizio, l'unico vero impatto ambientale è rappresentato dall'occupazione di superficie. Tali caratteristiche rendono la tecnologia fotovoltaica particolarmente adatta all'integrazione negli edifici in ambiente urbano. In questo caso, infatti, sfruttando superfici già utilizzate, si elimina anche l'unico impatto ambientale in fase di esercizio di questa tecnologia. I benefici ambientali ottenibili dall'adozione di sistemi FV sono proporzionali alla quantità di

energia prodotta, supponendo che questa vada a sostituire dell'energia altrimenti fornita da fonti convenzionali.

Per produrre un chilowattora elettrico vengono bruciati mediamente l'equivalente di 2,56 kWh sotto forma di combustibili fossili e di conseguenza emessi nell'aria circa 0,53 kg di anidride carbonica (fattore di emissione del mix elettrico italiano alla distribuzione). Si può dire quindi che ogni kWh prodotto dal sistema fotovoltaico evita l'emissione di 0,53 kg di anidride carbonica. Questo ragionamento può essere ripetuto per tutte le tipologie di inquinanti. Per quantificare il beneficio che tale sostituzione ha sull'ambiente è opportuno riferirsi ad un esempio pratico. Si consideri un impianto fotovoltaico installato sul tetto di un abitazione a Milano con una potenza di picco di 1 kWp (orientati a Sud con inclinazione 30°). L'emissione di anidride carbonica evitata in un anno si calcola moltiplicando il valore dell'energia elettrica prodotta dai sistemi per il fattore di emissione del mix elettrico. Per stimare l'emissione evitata nel tempo di vita dall'impianto è sufficiente moltiplicare le emissioni evitate annue per i 30 anni di vita stimata degli impianti. La tabella seguente riporta l'esempio di calcolo:

Emissioni evitate da un kWp di moduli nel tempo di vita degli impianti

Energia elettrica generata in c.a .in un anno	X Fattore del mix elettrico italiano	= Emissioni evitate in un anno	X Tempo di vita dell'impianto	= Emissioni evitate nel tempo di vita
1167.4kWhel/kWp	0,531kg CO2/kWhel	729kg CO2	30anni	18590kg CO2

ALLEGATI

ALLEGATO I

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI FERNO

ALLEGATO
SPETTRI DELLE REGISTRAZIONI E LORO ANALISI

Ferno, Tr 01

UTM Coordinate: 481201 E 5050947 N

Start recording: 06/02/08 10:35:28 End recording: 06/02/08 10:47:29

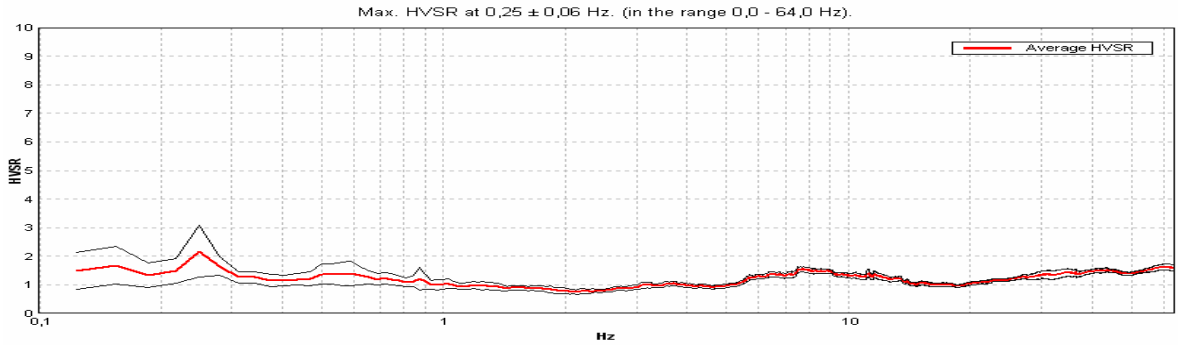
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

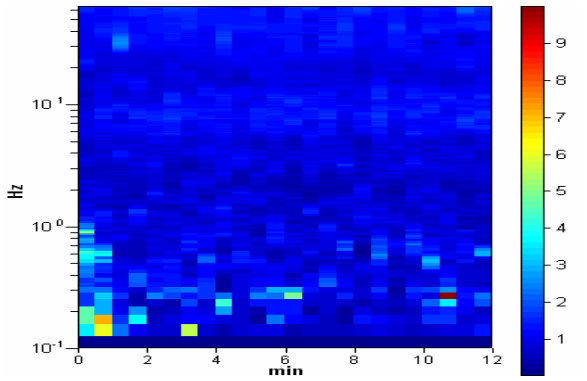
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

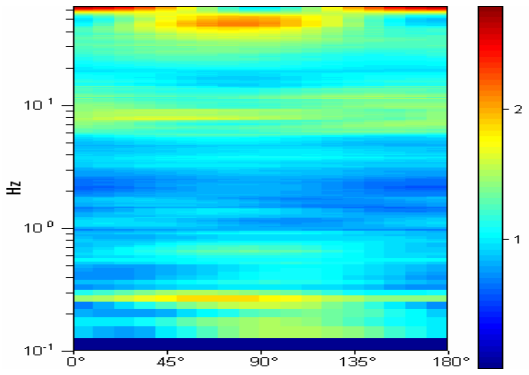


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

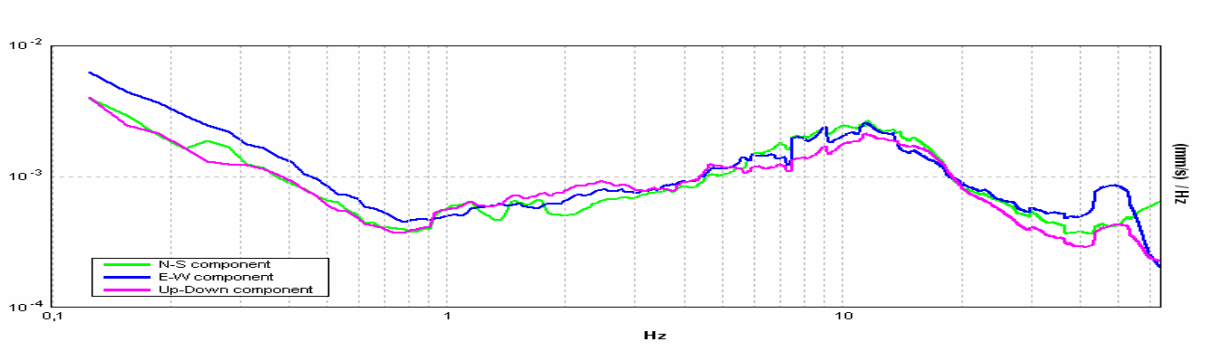
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


10 -2
10 -3
10 -4
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz
N-S component
E-W component
Up-Down component

Ferno, Tr 02

UTM Coordinate: 482132 E 5050642 N

Start recording: 06/02/08 11:29:55 End recording: : 06/02/08 11:43:56

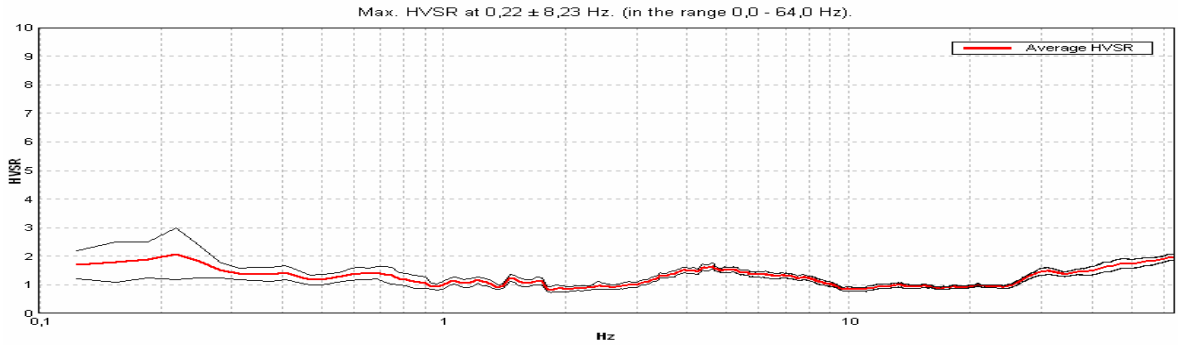
Trace length: 0h14'00". (Analyzed from 0 s for 14, min)

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

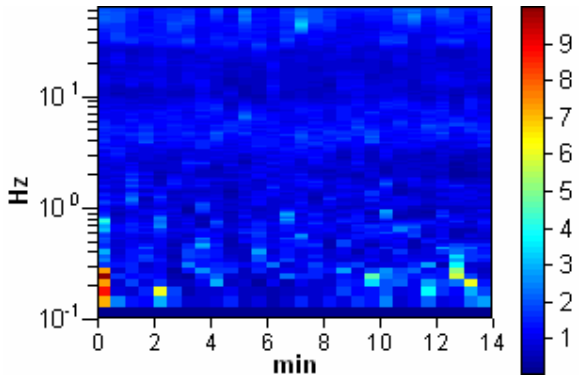
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

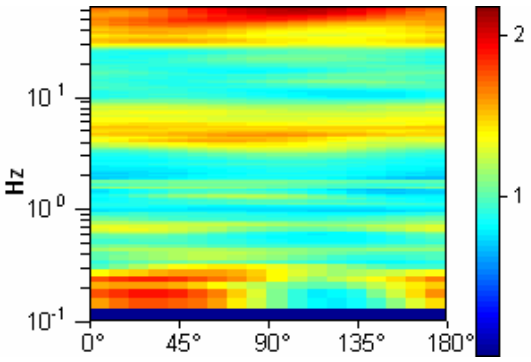


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

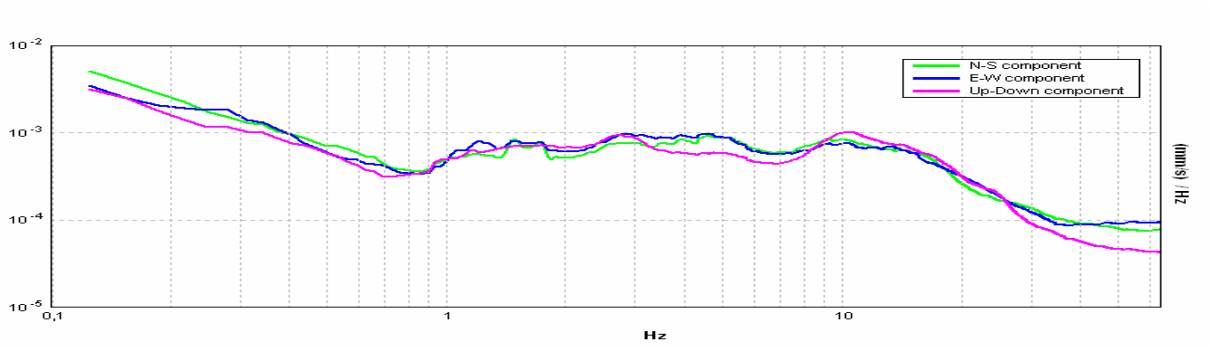
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -2
10 -3
10 -4
10 -5
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 03

UTM Coordinate: 482618 E 5050712 N

Start recording: 06/02/08 11:55:43 End recording: 06/02/08 12:09:44

Trace length: 0h14'00". (Analyzed from 0 s for 14, min)

Sampling frequency: 128 Hz

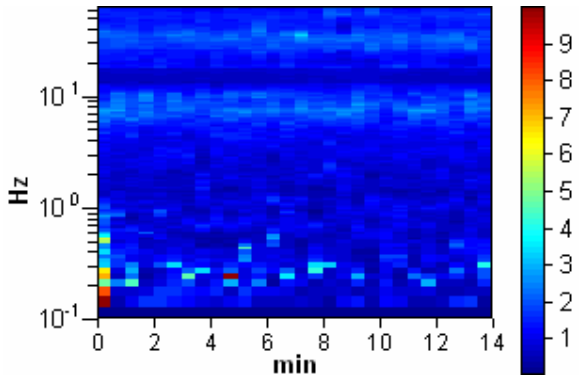
Window size: 30 s

Smoothing window: Triangular window

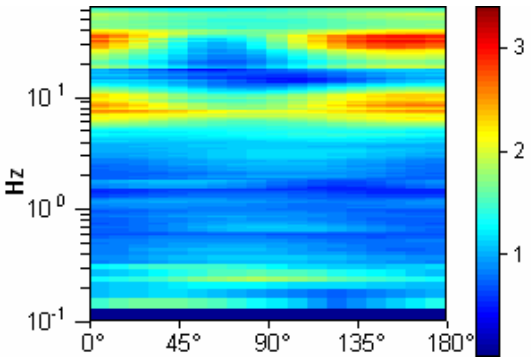
Smoothing: 10%

Horizontal to Vertical Spectral Ratio

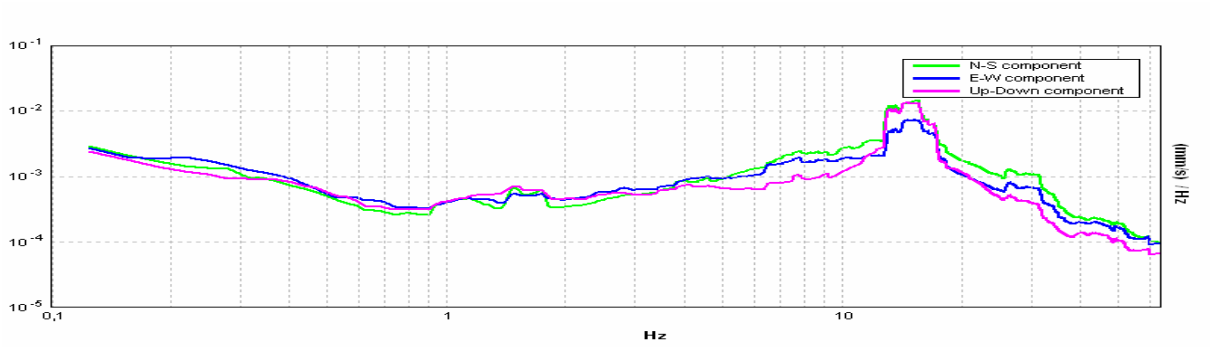
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 04

UTM Coordinate: 482487 E 5050496 N

Start recording: 06/02/08 12:17:20 End recording: 06/02/08 12:31:21

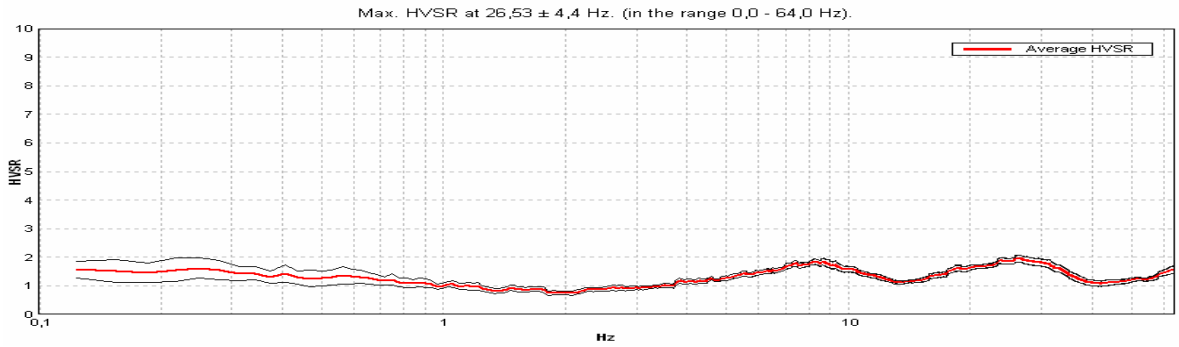
Trace length: 0h14'00". (Analyzed from 0 s for 14, min)

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

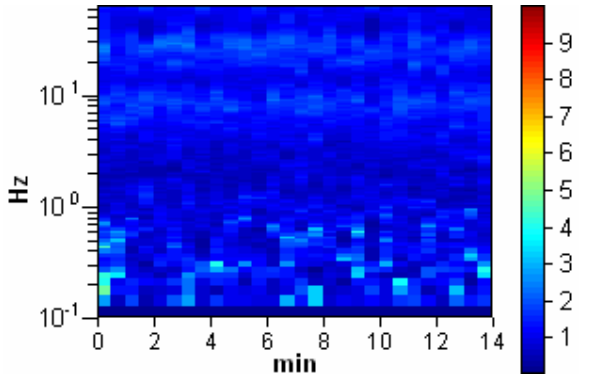
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

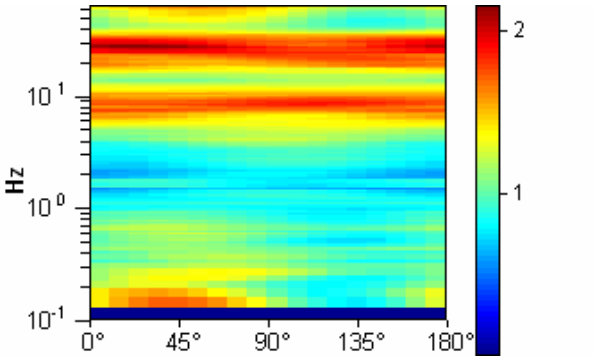


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

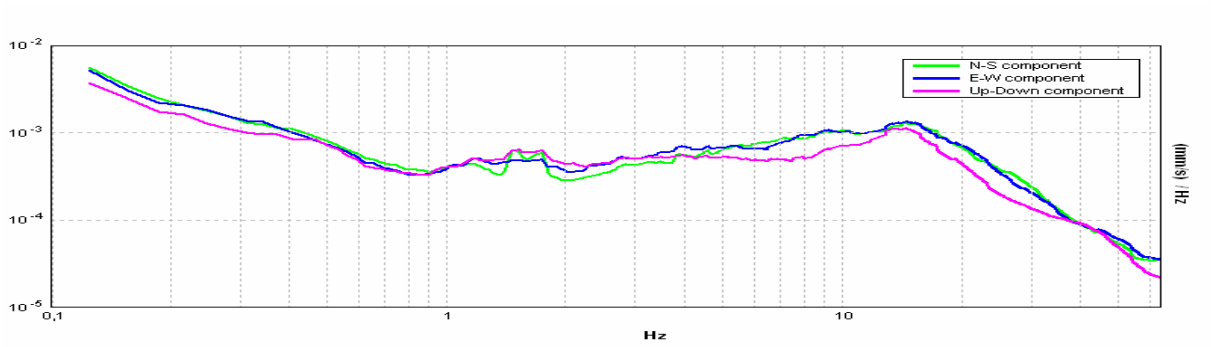
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -2
10 -3
10 -4
10 -5
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 05

UTM Coordinate: 482298 E 5050799 N

Start recording: 06/02/08 12:51:46 End recording: 06/02/08 13:05:47

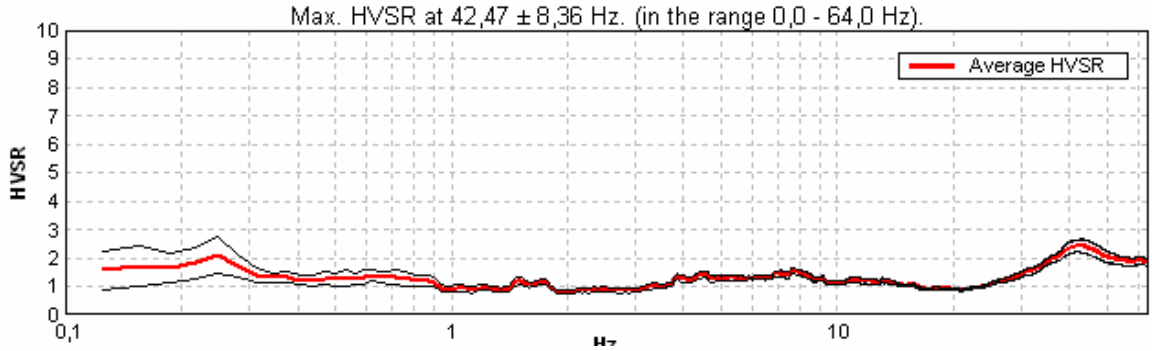
Trace length: 0h14'00". (Analyzed from 0 s for 14, min)

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

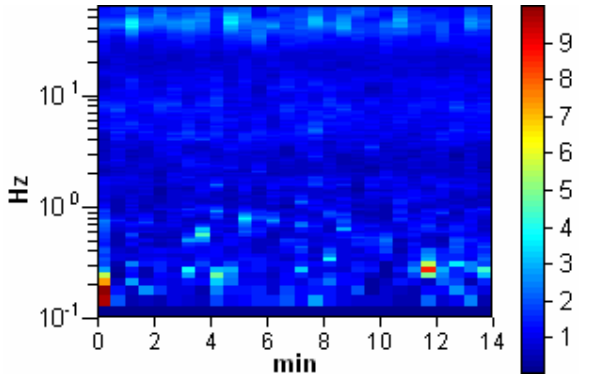
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

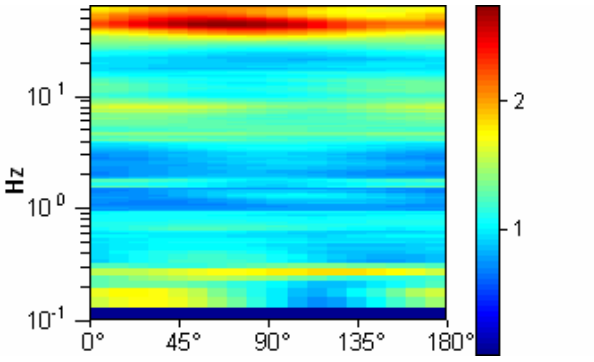


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

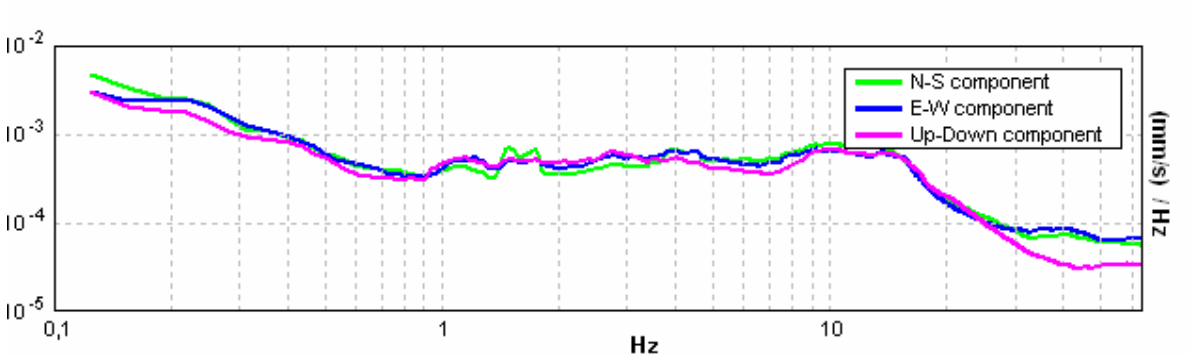
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


10-2
10-3
10-4
10-5
0,1
1
10
Hz
N-S component
E-W component
Up-Down component
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 06

UTM Coordinate: 481786 E 5050858 N

Start recording: 06/02/08 13:14:16 End recording: 06/02/08 13:28:17

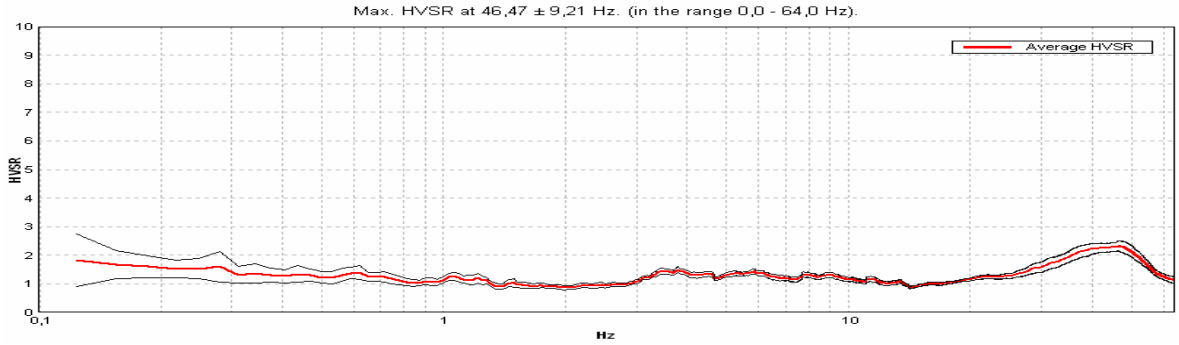
Trace length: 0h14'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

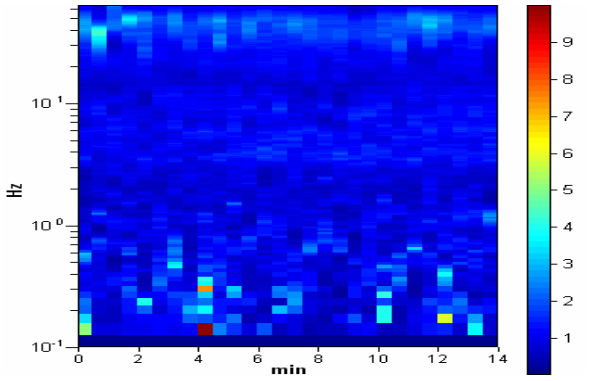
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

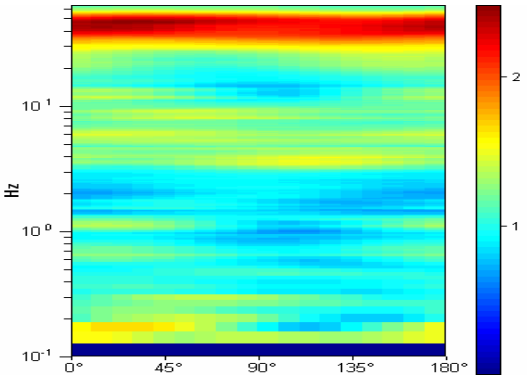


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

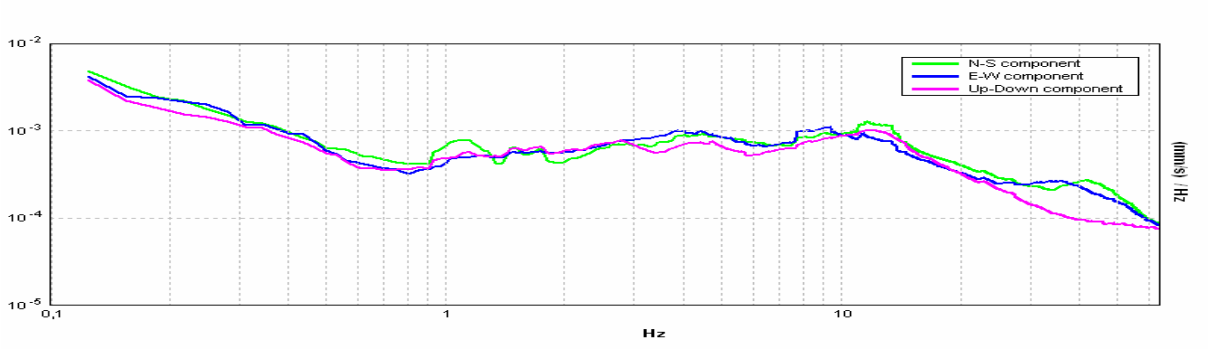
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10-2
10-3
10-4
10-5
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 07

UTM Coordinate: 481672 E 5051089 N

Start recording: 06/02/08 13:37:00 End recording: 06/02/08 13:51:01

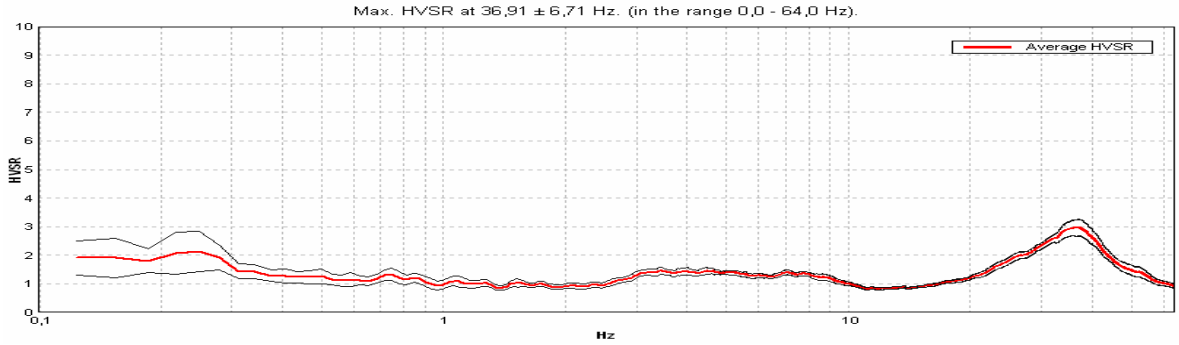
Trace length: 0h14'00". (Analyzed from 0 s for 14, min)

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

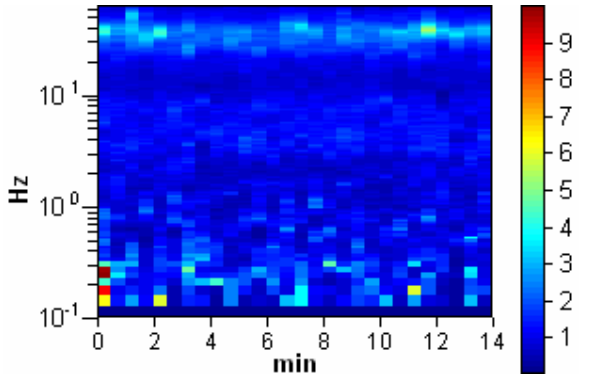
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

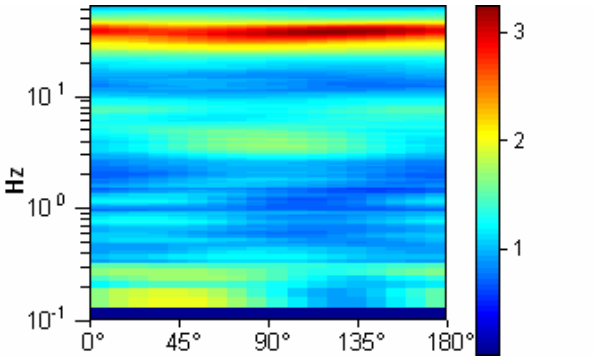


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

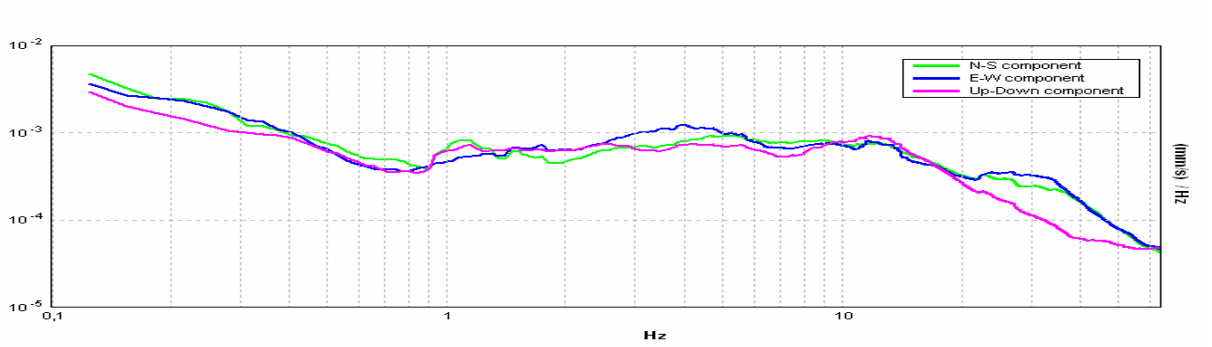
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -2
10 -3
10 -4
10 -5
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 08

UTM Coordinate: 481 1530 E 5052329 N

Start recording: 06/02/08 13:57:53 End recording: 06/02/08 14:11:54

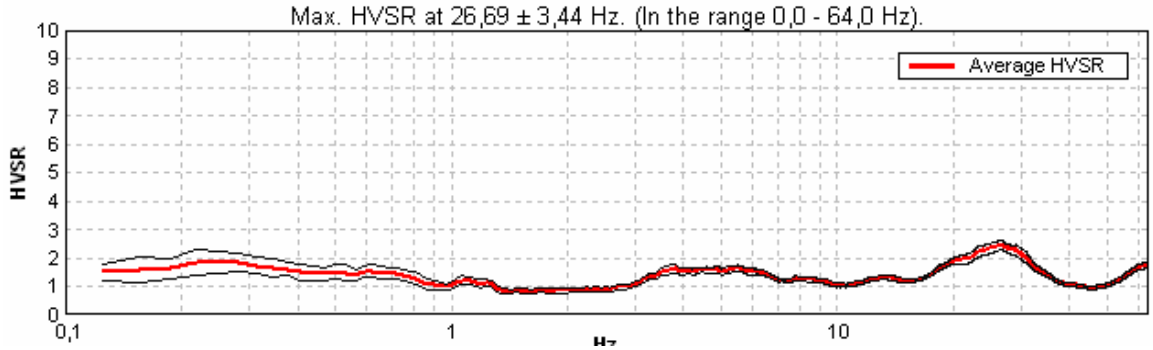
Trace length: 0h14'00". (Analyzed from 0 s for 14, min)

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

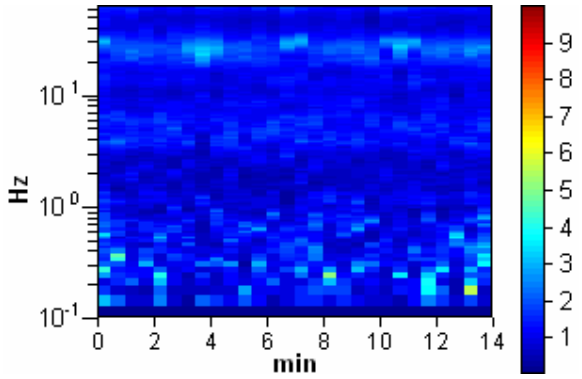
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

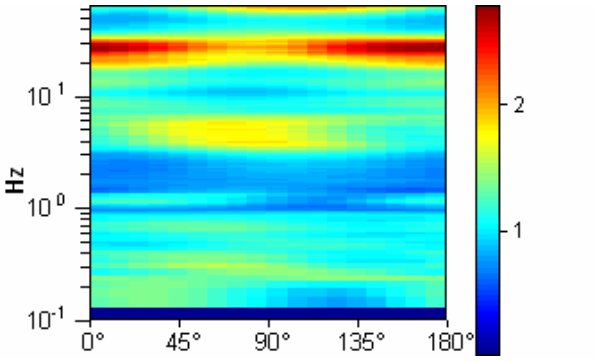


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

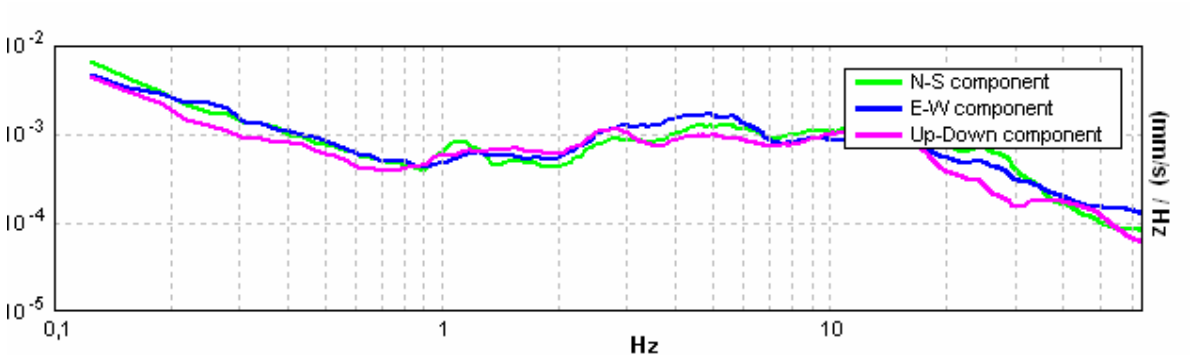
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


10-2
10-3
10-4
10-5
0,1
1
10
Hz
N-S component
E-W component
Up-Down component
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 09

UTM Coordinate: 481649 E 5051527 N

Start recording: 06/02/08 14:18:34 End recording: 06/02/08 14:32:35

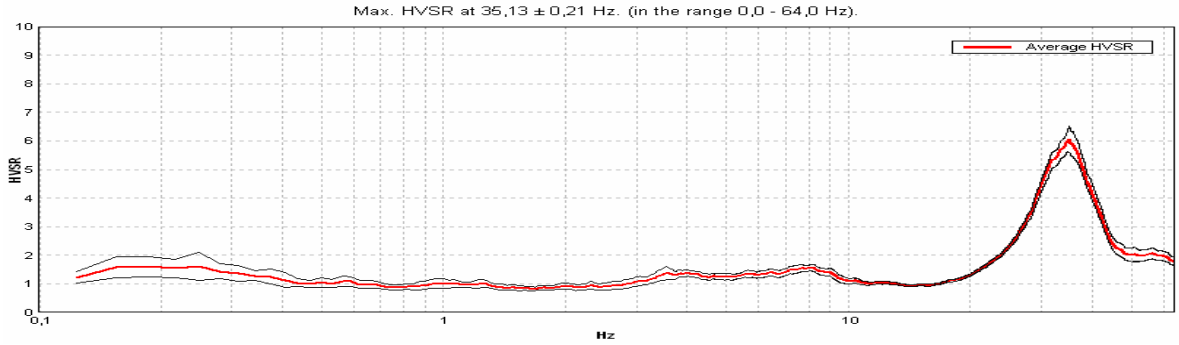
Trace length: 0h14'00". (Analyzed from 0 s for 14, min)

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

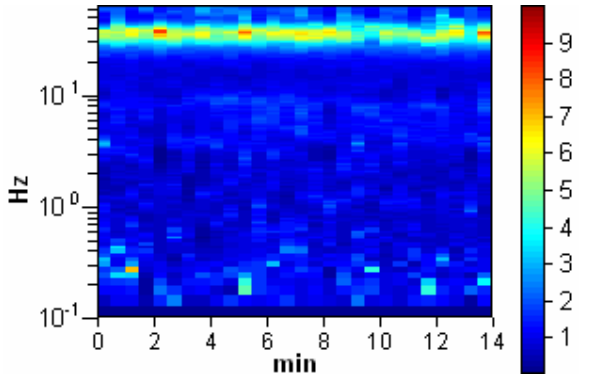
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

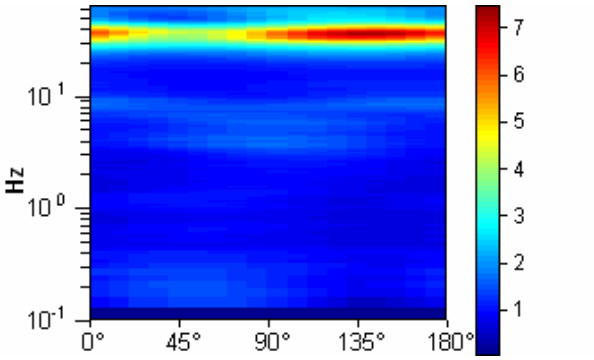


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

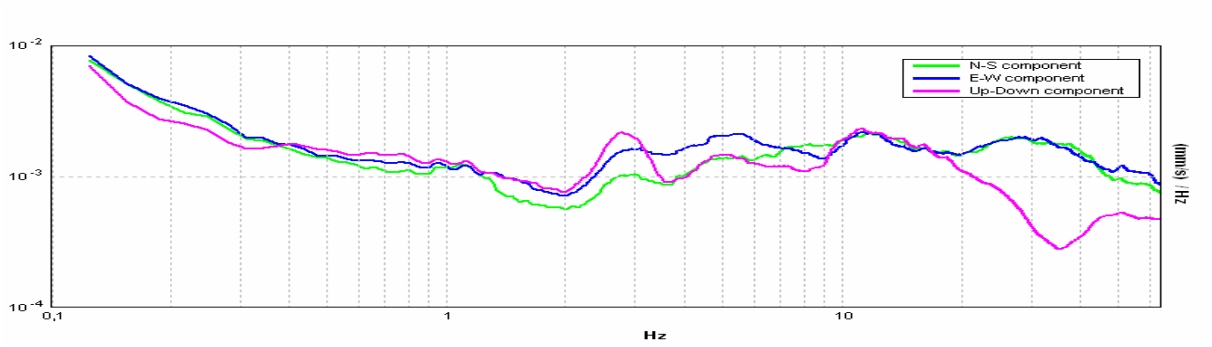
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -2
10 -3
10 -4
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 10

UTM Coordinate: 481764 E 5051883 N

Start recording: 06/02/08 14:41:47 End recording: 06/02/08 14:55:48

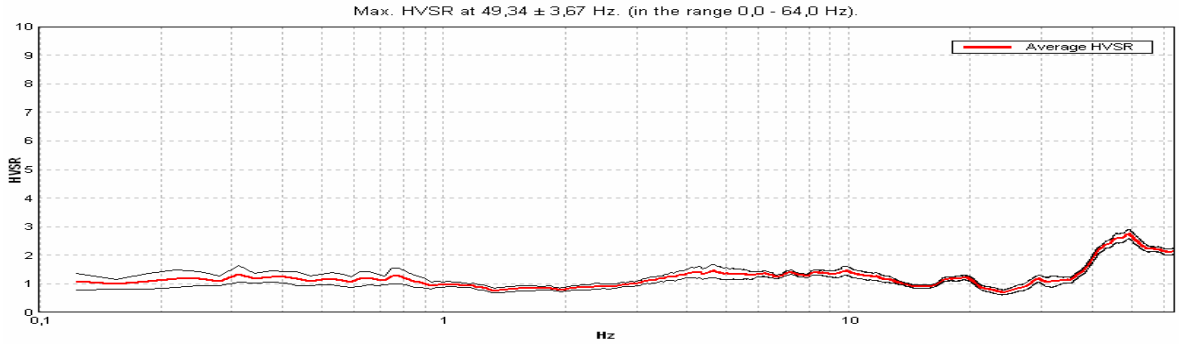
Trace length: 0h14'00". (Analyzed from 0 s for 14, min)

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

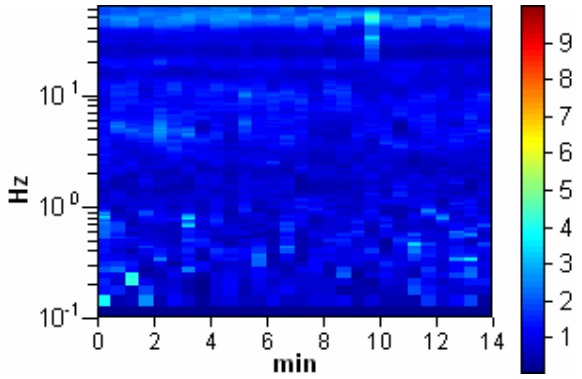
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

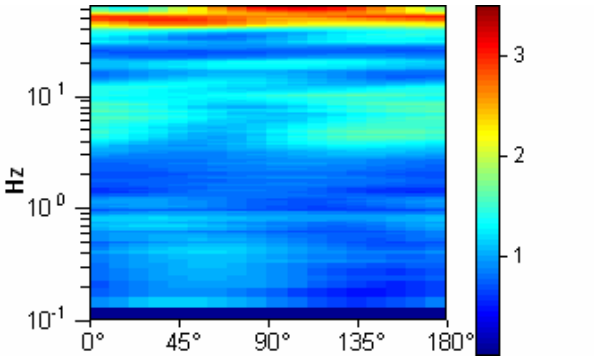


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

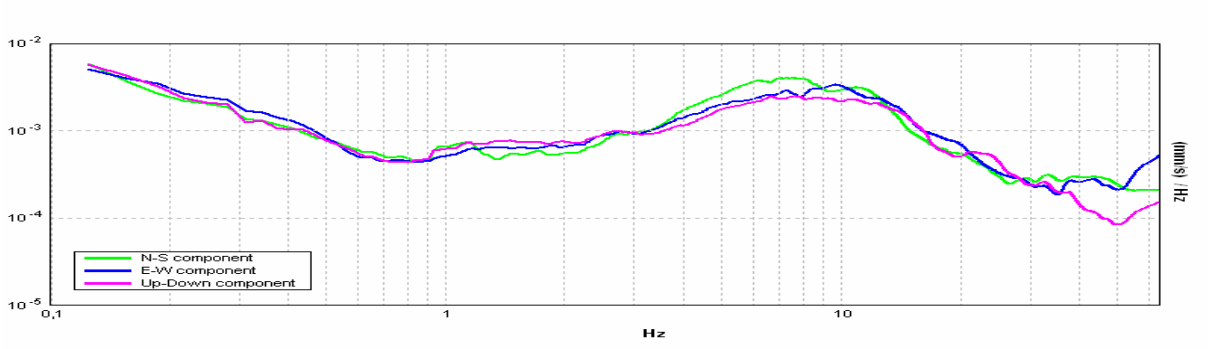
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


10-2
10-3
10-4
10-5
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz
N-S component
E-W component
Up-Down component

Ferno, Tr 11

UTM Coordinate: 481448 E 5051652 N

Start recording: 06/02/08 15:05:04 End recording: 06/02/08 15:16:05

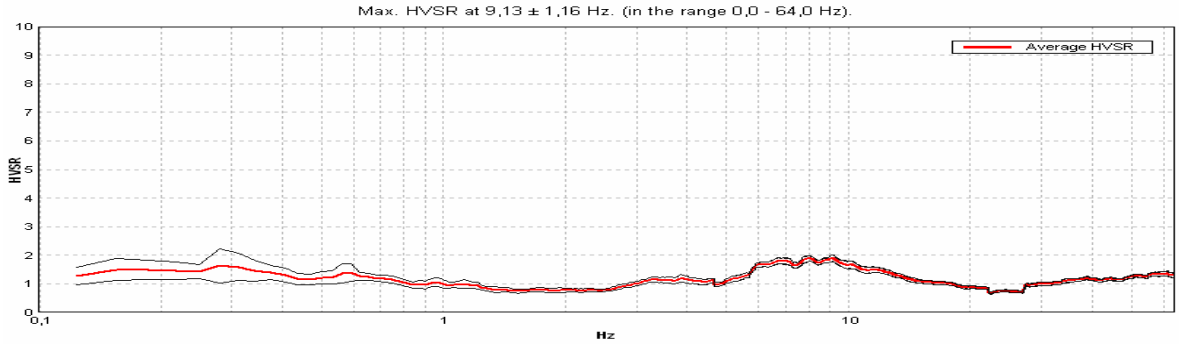
Trace length: 0h14'00". (Analyzed from 0 s for 14, min)

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

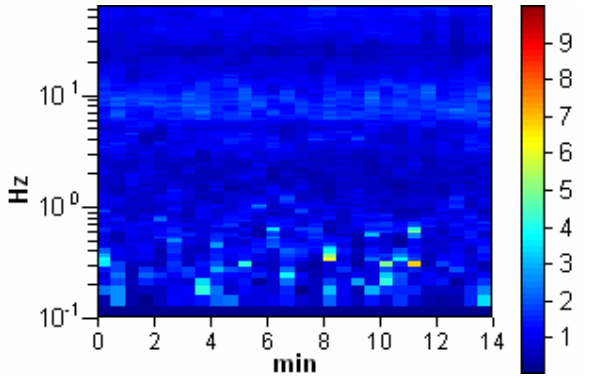
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

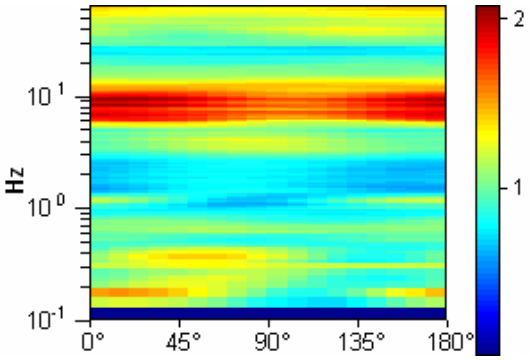


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

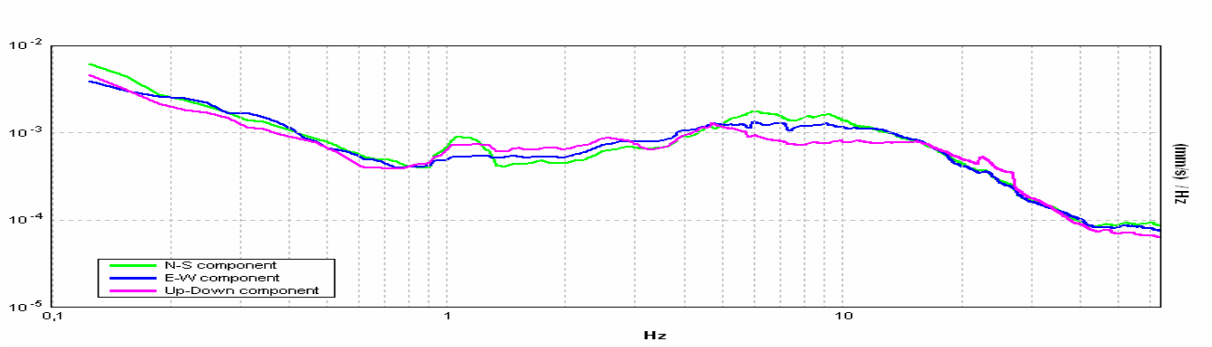
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


10 -2
10 -3
10 -4
10 -5
0,1
1
10
Hz
(m/s) / Hz
N-S component
E-W component
Up-Down component

Ferno, Tr 12

UTM Coordinate: 481325 E 5052048 N

Start recording: 06/02/08 15:27:34 End recording: 06/02/08 15:41:35

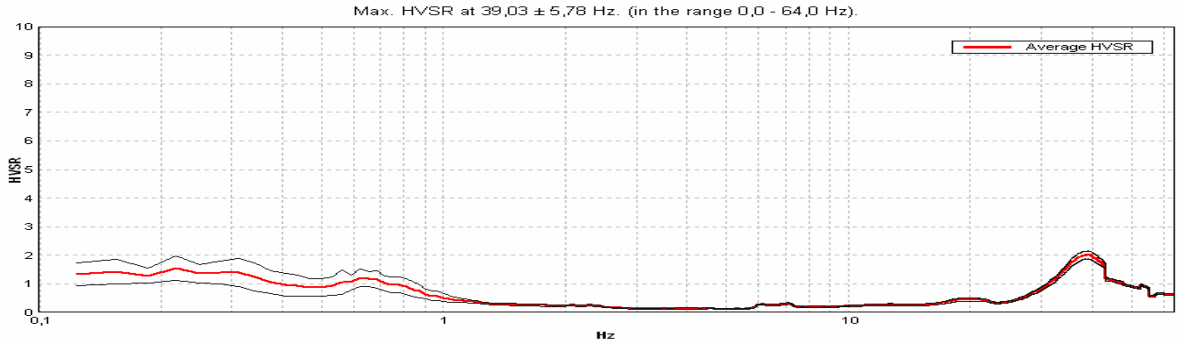
Trace length: 0h14'00". (Analyzed from 0 s for 14, min)

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

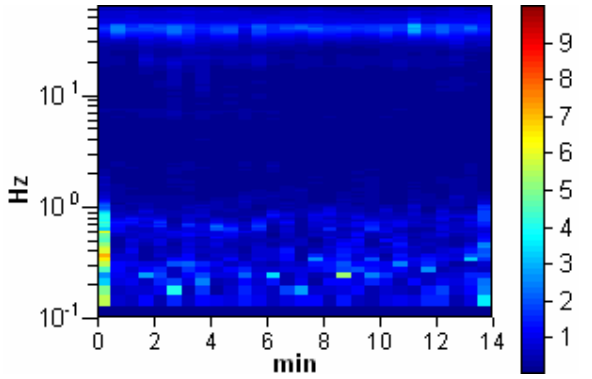
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

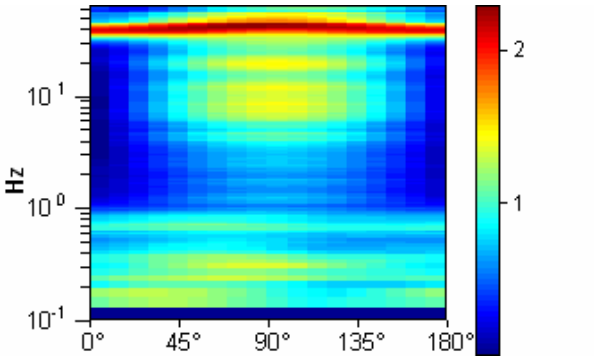


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

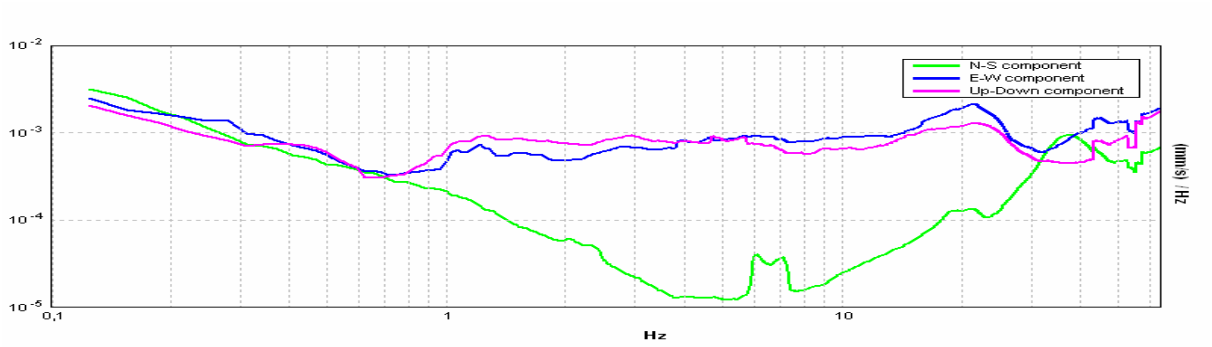
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -2
10 -3
10 -4
10 -5
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 13

UTM Coordinate: 481022 E 5051858 N

Start recording: 06/02/08 15:48:47 End recording: 06/02/08 16:02:48

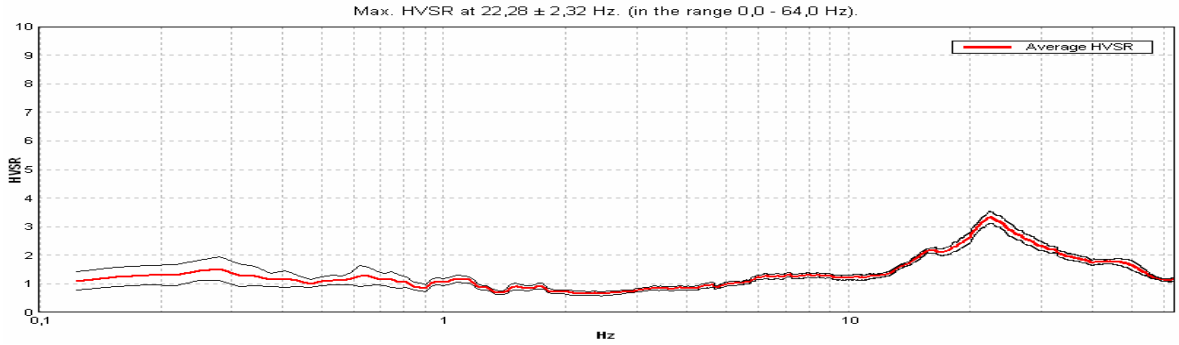
Trace length: 0h14'00". (Analyzed from 0 s for 14, min)

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

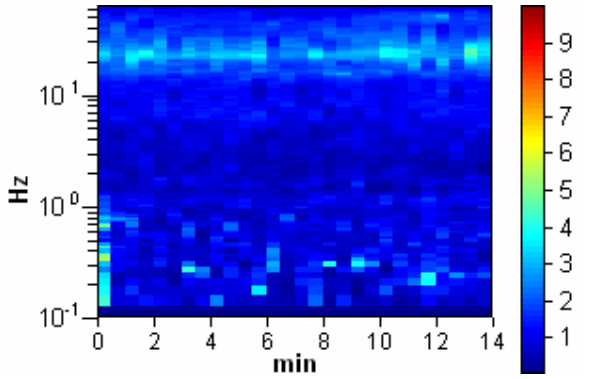
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

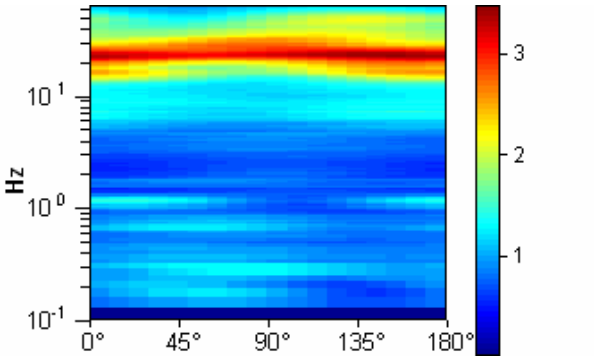


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

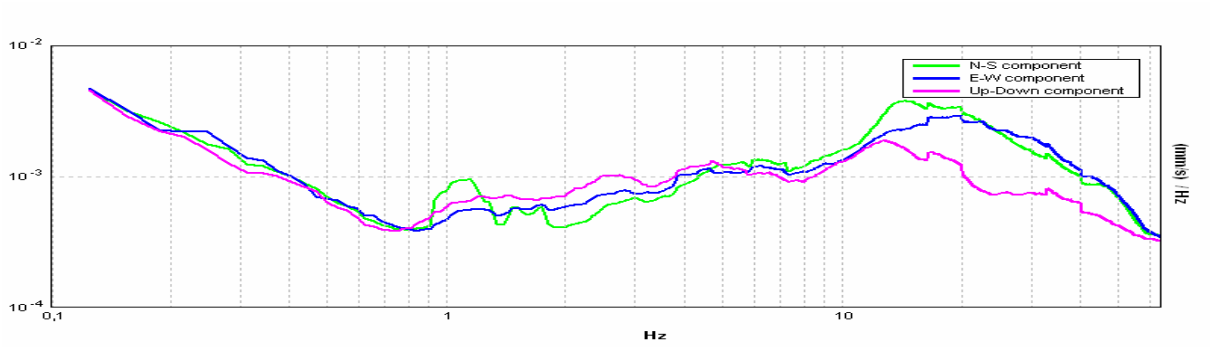
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -2
10 -3
10 -4
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 14

UTM Coordinate: 481060 E 5051565 N

Start recording: 06/02/08 16:11:31 End recording: 06/02/08 16:25:32

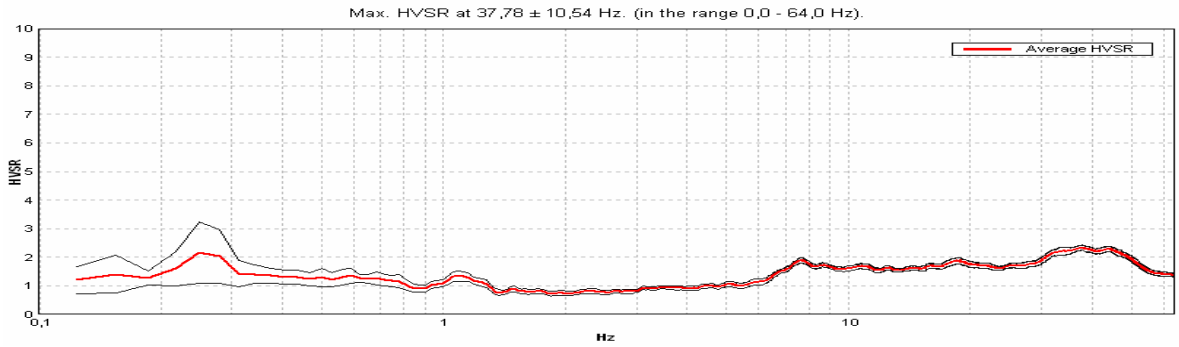
Trace length: 0h14'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

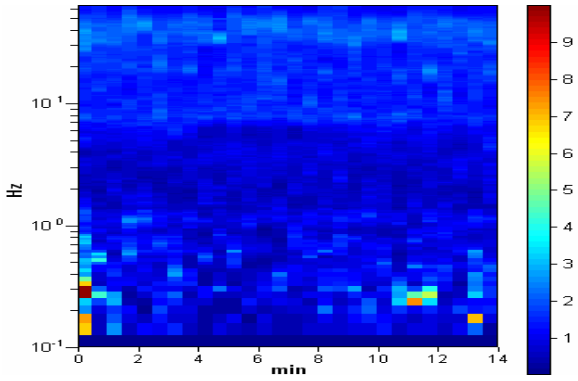
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

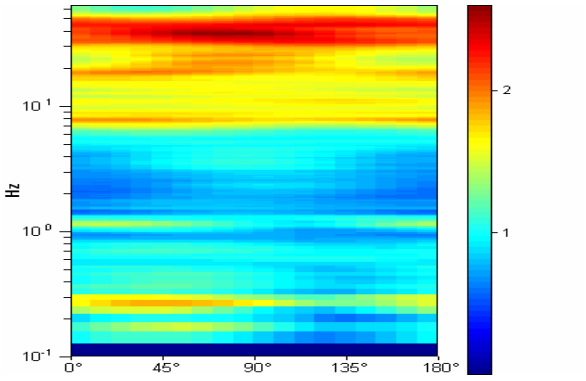


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

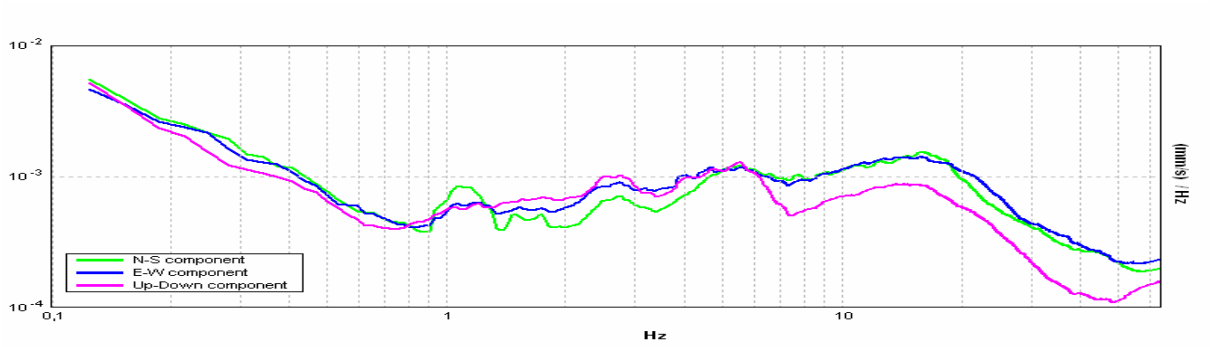
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


10 -2
10 -3
10 -4
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz
N-S component
E-W component
Up-Down component

Ferno, Tr 15

UTM Coordinate: 480487 E 5051689 N

Start recording: 06/02/08 16:35:45 End recording: 06/02/08 16:49:46

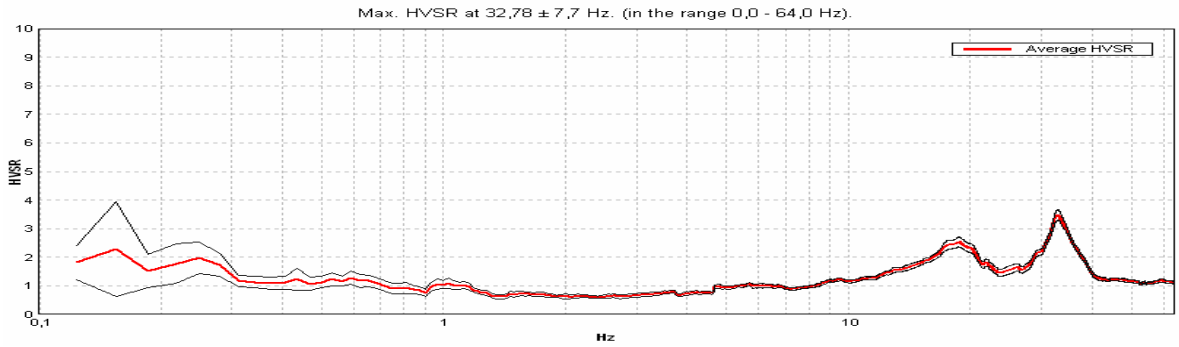
Trace length: 0h14'00". (Analyzed from 0 s for 14, min)

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

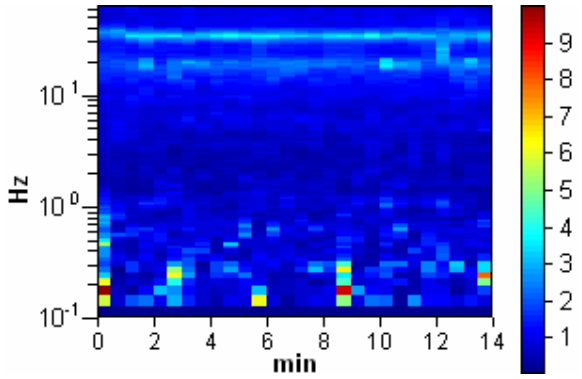
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

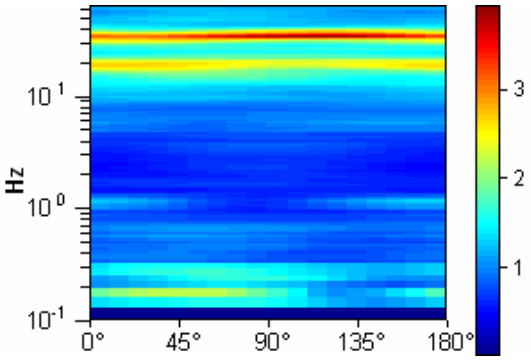


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

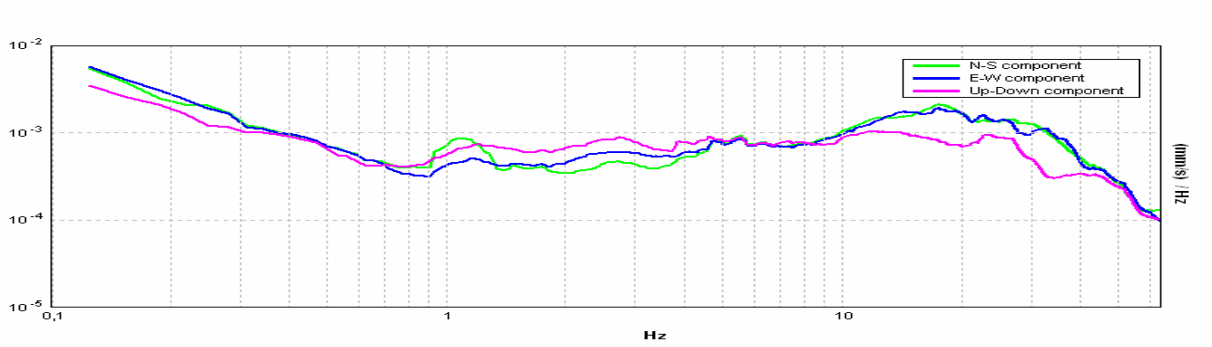
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -2
10 -3
10 -4
10 -5
0,1
1
10
Hz
(m/s) / Hz

Ferno, Tr 16

UTM Coordinate: 480264 E 5051572 N

Start recording: 06/02/08 16:56:36 End recording: 06/02/08 17:10:37

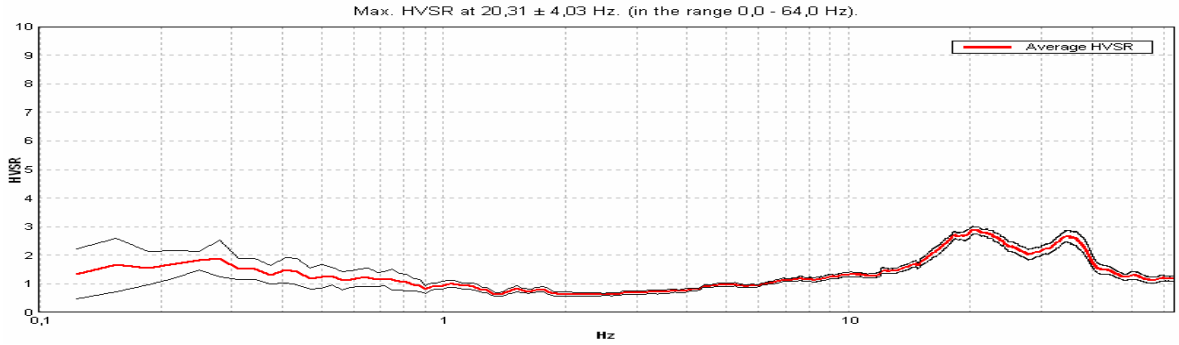
Trace length: 0h14'00". (Analyzed from 0 s for 14, min)

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

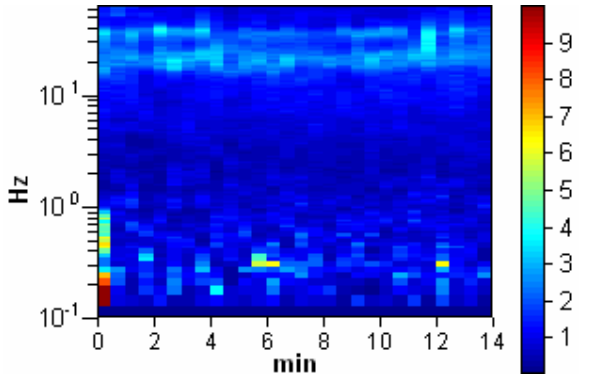
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

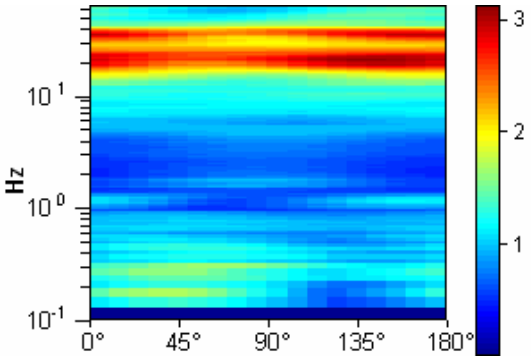


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

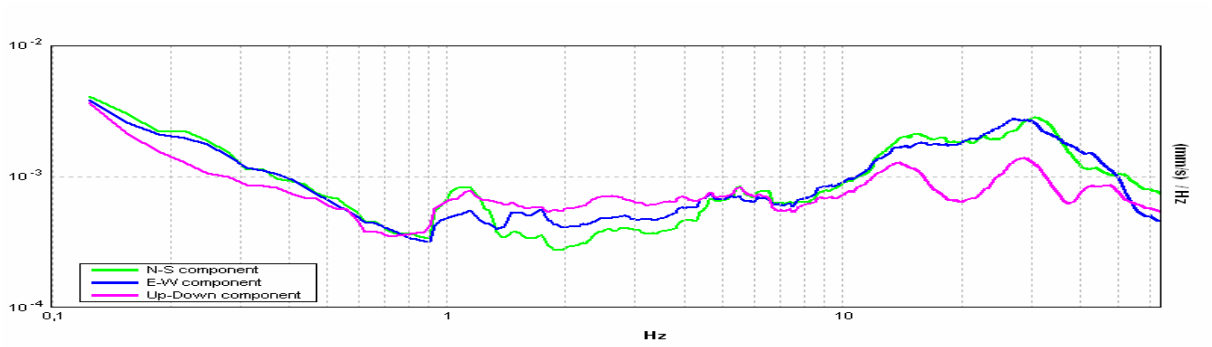
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


10 -2
10 -3
10 -4
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz
N-S component
E-W component
Up-Down component

Ferno, Tr 17

UTM Coordinate: 480264 E 5051298 N

Start recording: 06/02/08 17:17:34 End recording: 06/02/08 17:31:34

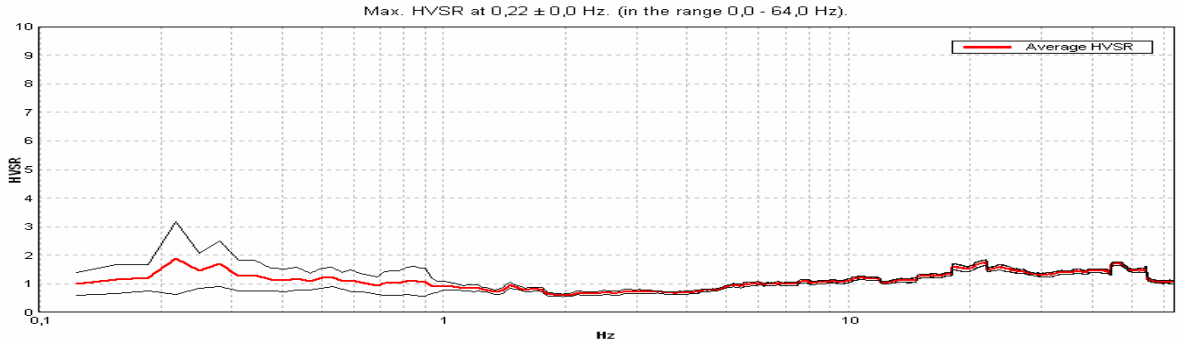
Trace length: 0h14'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

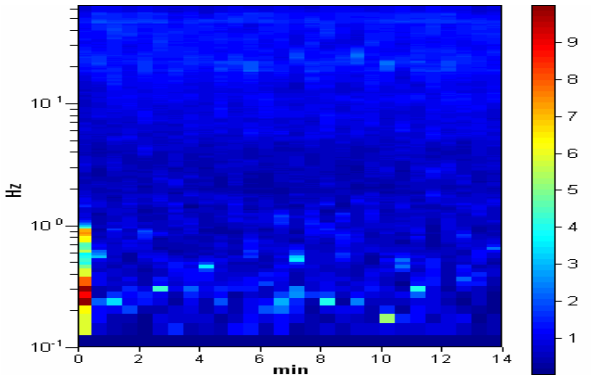
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

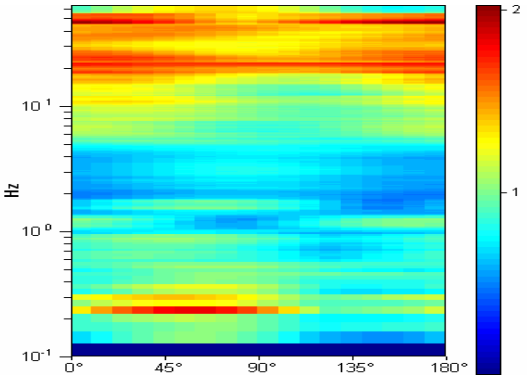


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

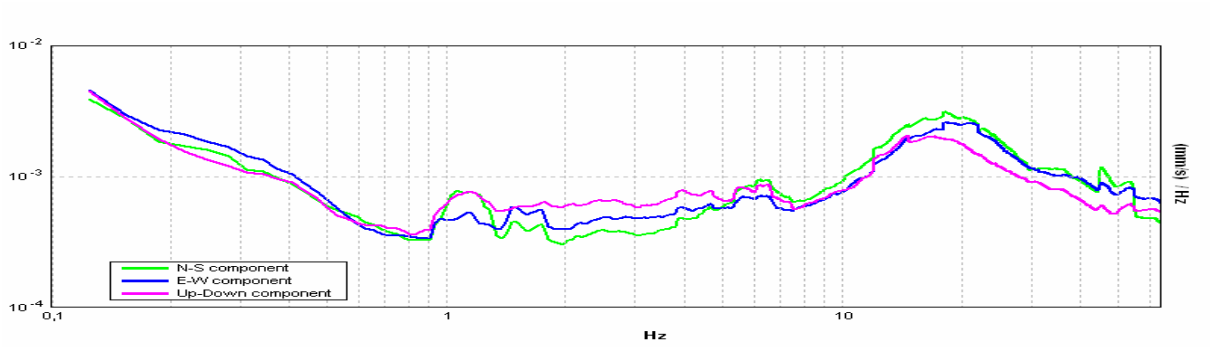
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


10 -2
10 -3
10 -4
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz
N-S component
E-W component
Up-Down component

Ferno, Tr 18

UTM Coordinate: 481285 E 5050688 N

Start recording: 07/02/08 08:06:44 End recording: 07/02/08 08:20:45

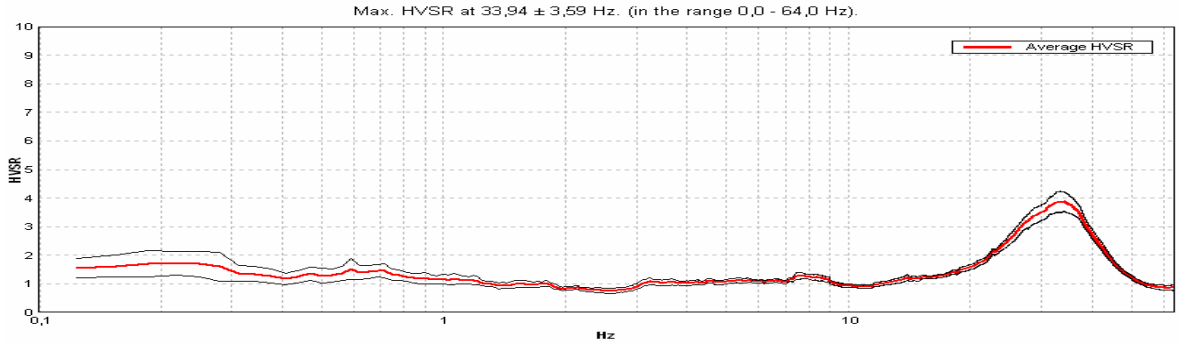
Trace length: 0h14'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

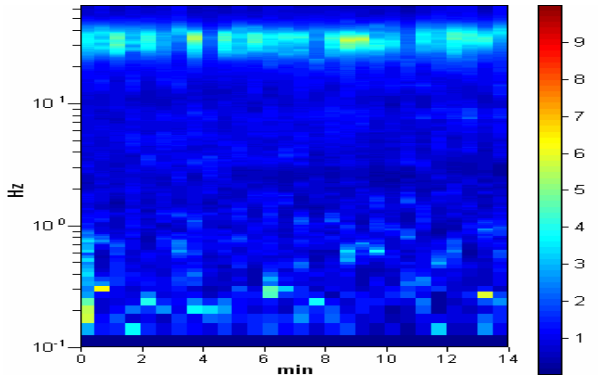
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

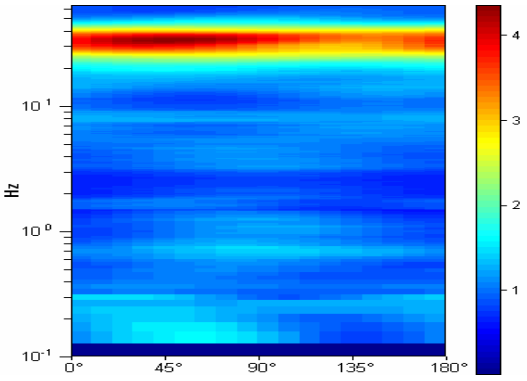


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

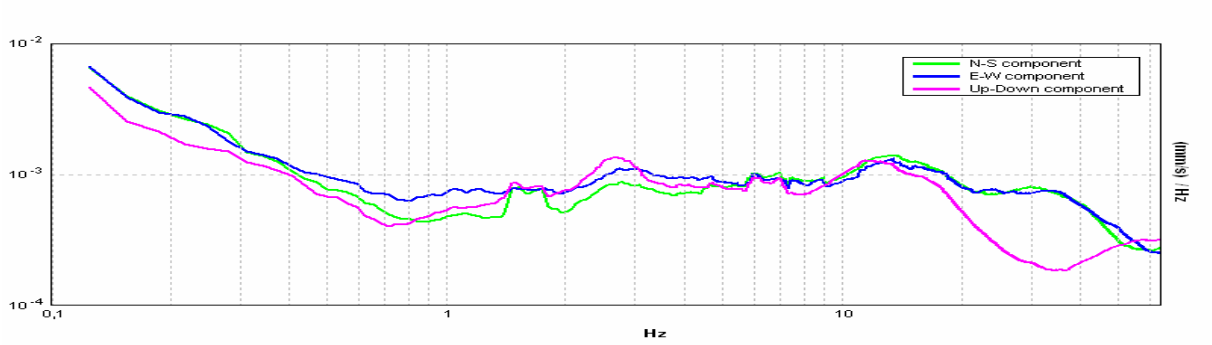
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -2
10 -3
10 -4
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 19

UTM Coordinate: 480774 E 5050821 N

Start recording: 07/02/08 08:30:18 End recording: 07/02/08 08:44:19

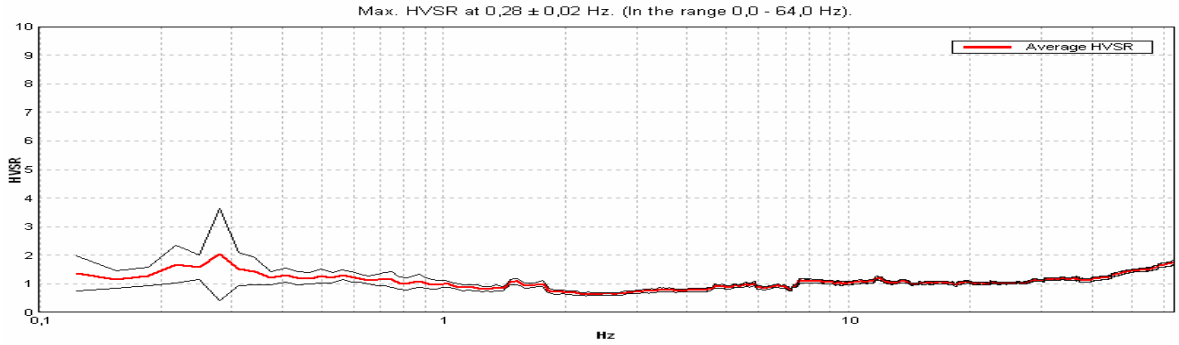
Trace length: 0h14'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

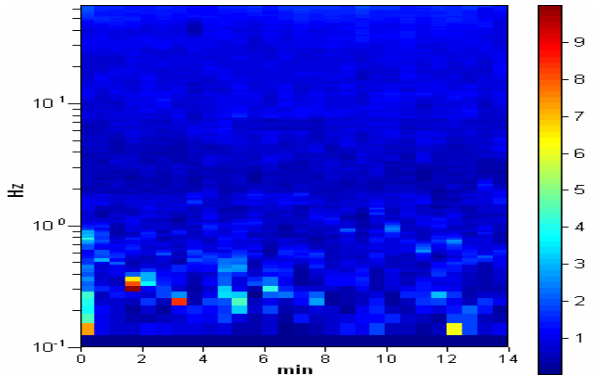
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

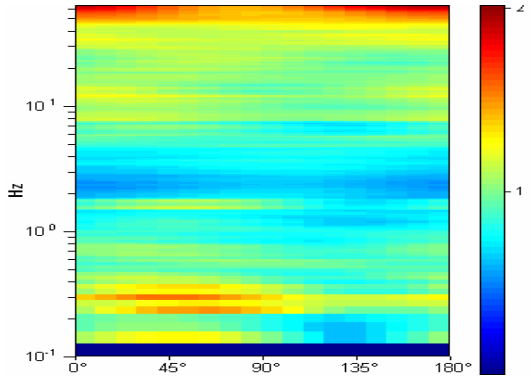


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

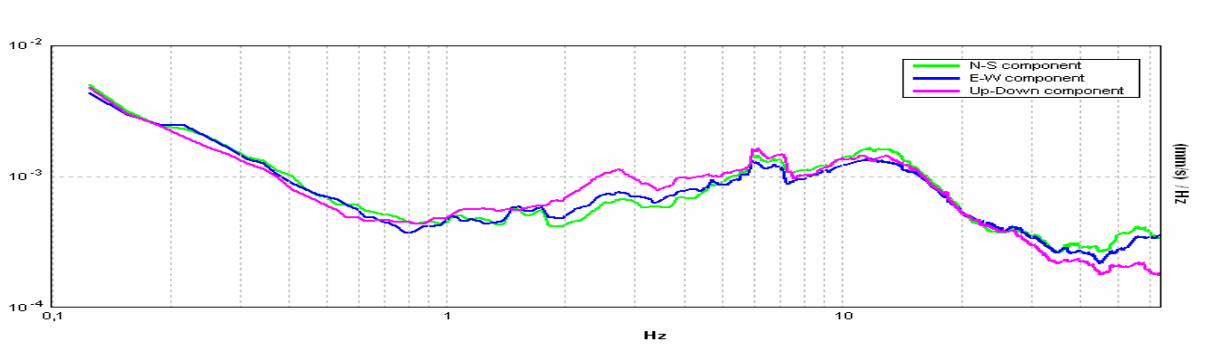
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -2
10 -3
10 -4
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 20

UTM Coordinate: 480434 E 5051008 N

Start recording: 07/02/08 08:50:45 End recording: 07/02/08 09:04:46

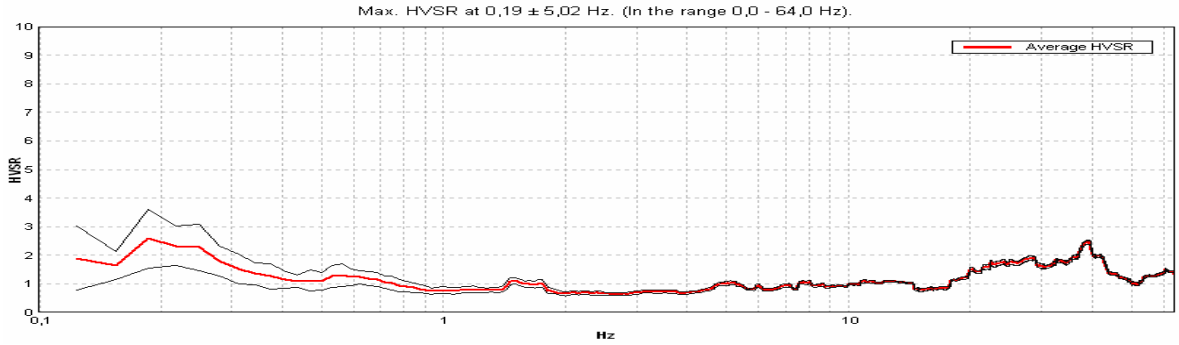
Trace length: 0h14'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

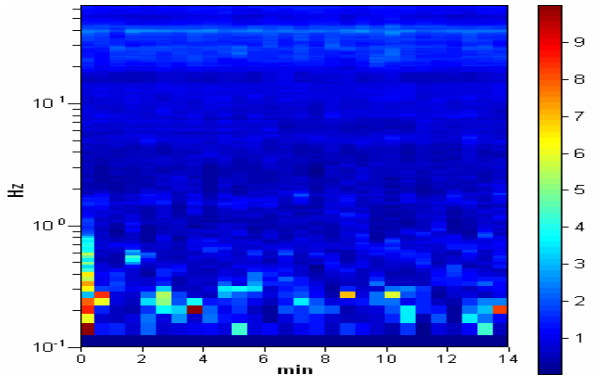
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

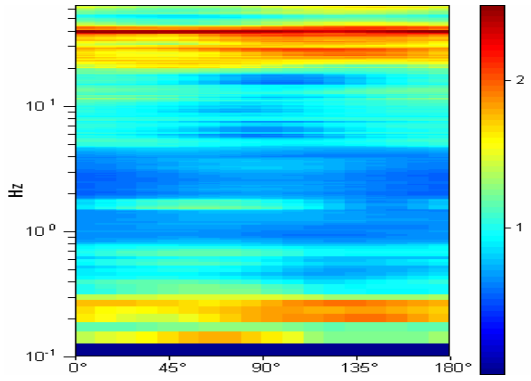


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

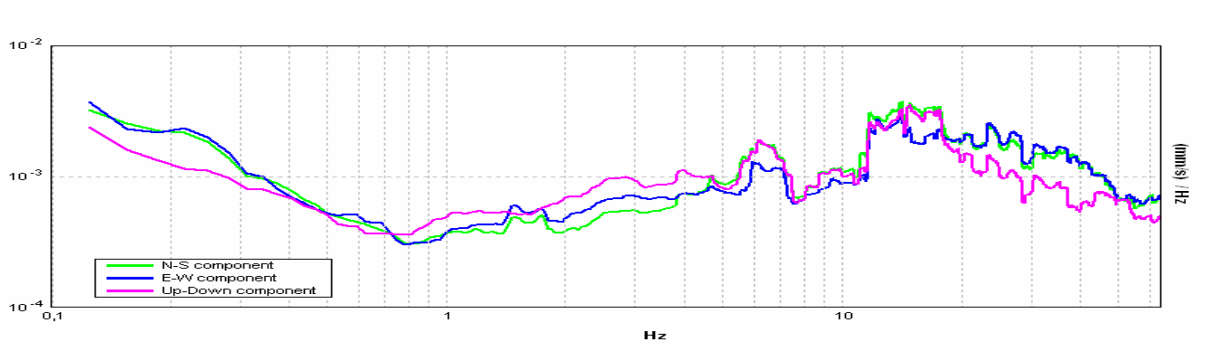
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


10 -2
10 -3
10 -4
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz
N-S component
E-W component
Up-Down component

Ferno, Tr 21

UTM Coordinate: 481020 E 5051266 N

Start recording: 07/02/08 09:17:19 End recording: 07/02/08 09:31:20

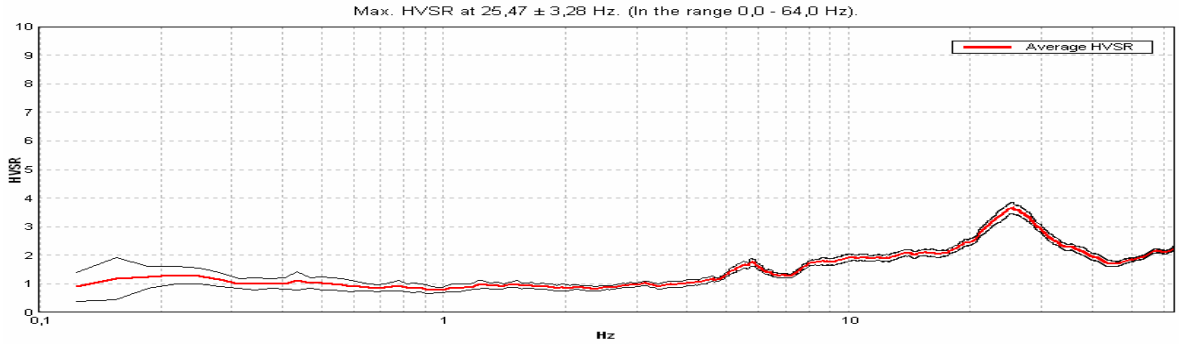
Trace length: 0h14'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

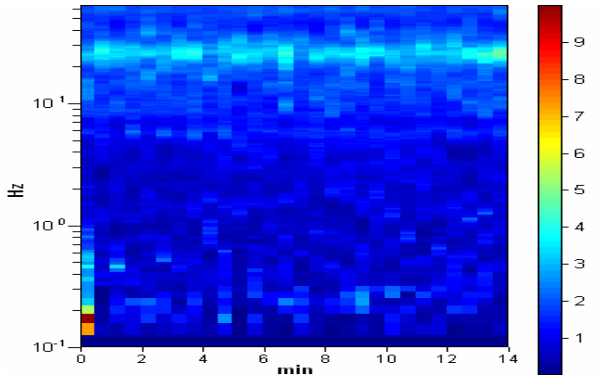
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

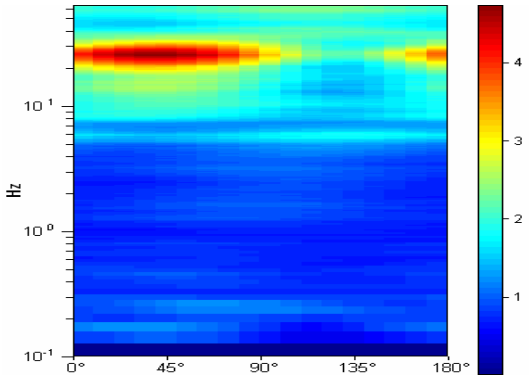


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

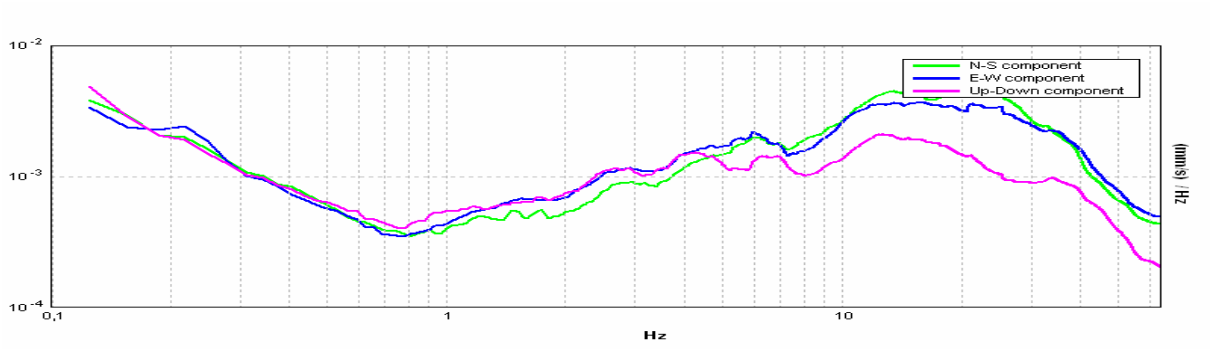
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -2
10 -3
10 -4
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 22

Start recording: 07/02/08 10:08:39 End recording: 07/02/08 10:20:40

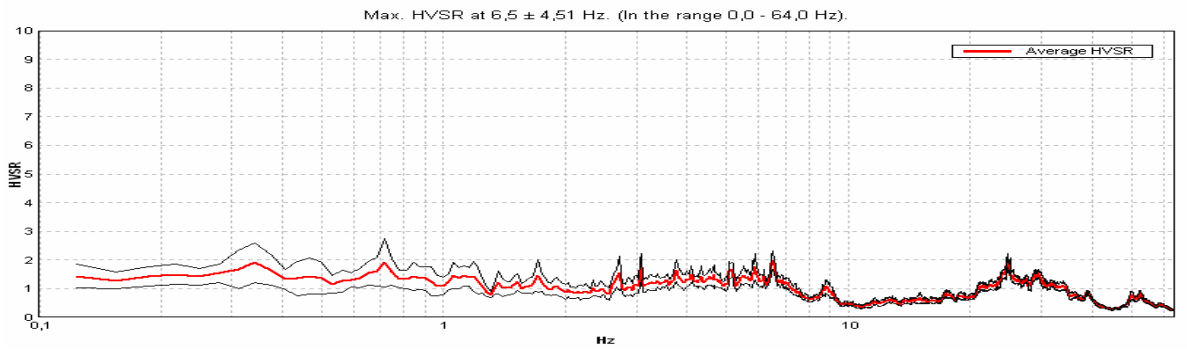
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

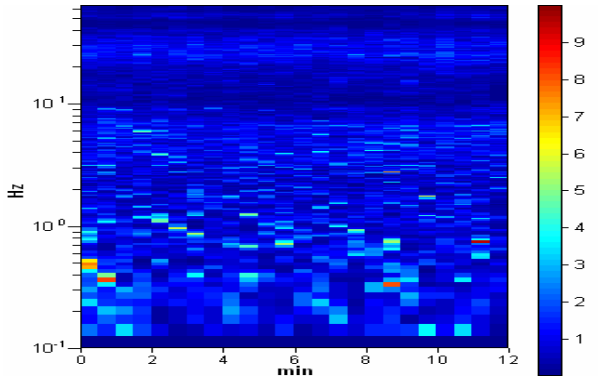
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 1%

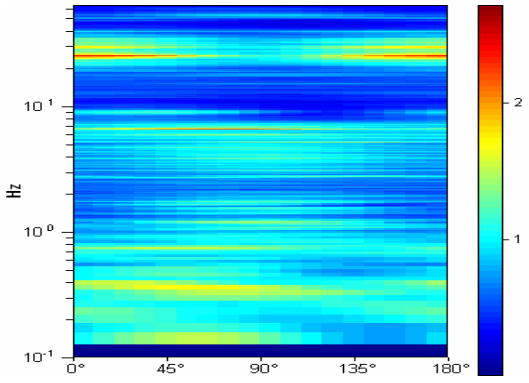


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

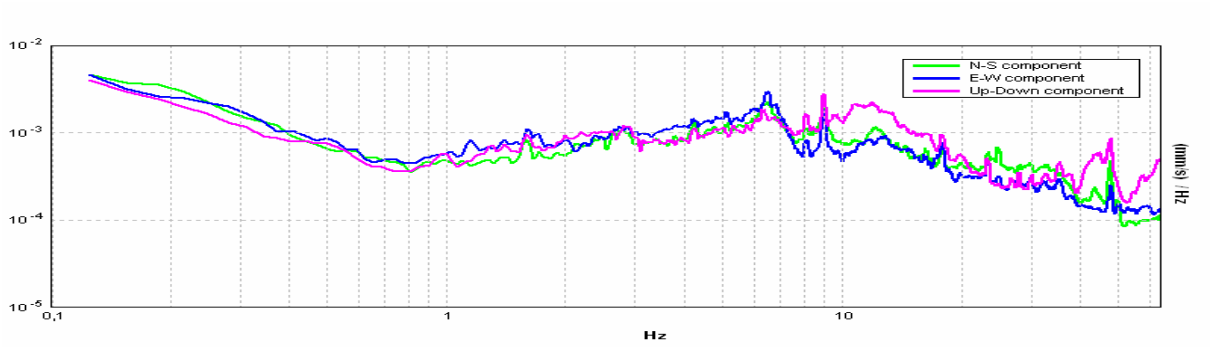
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -2
10 -3
10 -4
10 -5
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 23

Start recording: 07/02/08 10:27:00 End recording: 07/02/08 10:39:01

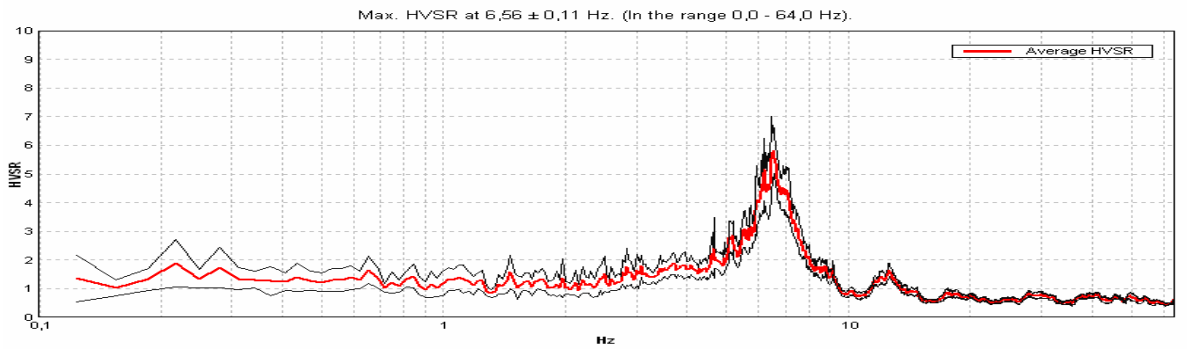
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

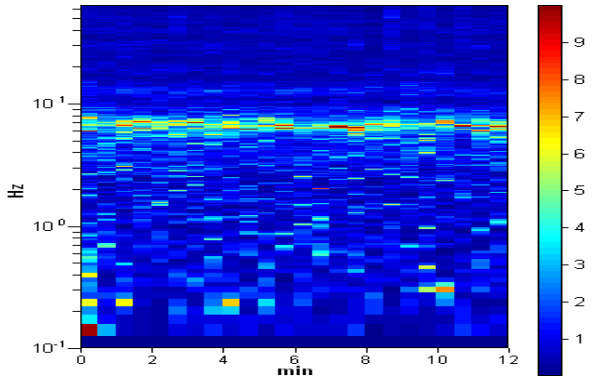
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 1%

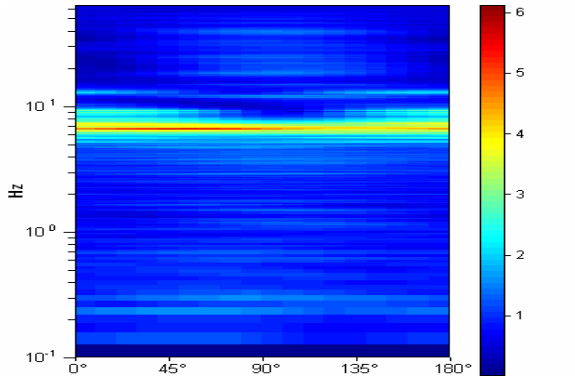


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

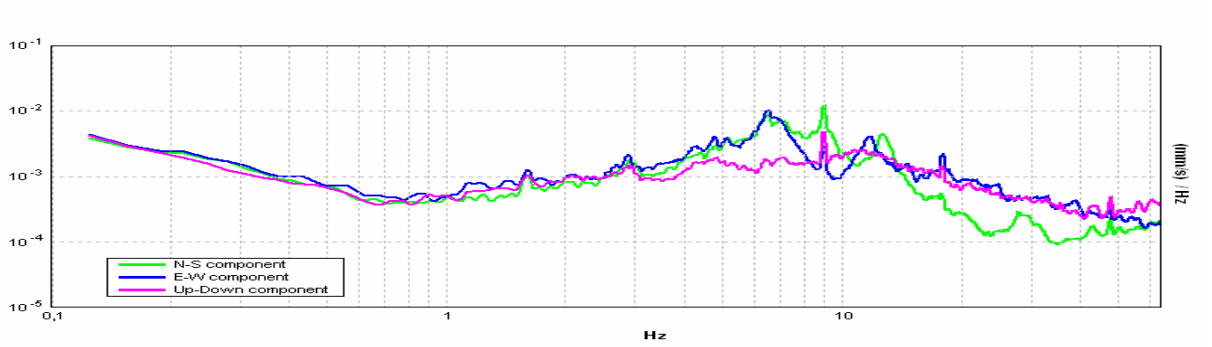
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


10 -1
10 -2
10 -3
10 -4
10 -5
0,1
1
10
Hz
(m/s) / Hz
N-S component
E-W component
Up-Down component

Ferno, Tr 24

UTM Coordinate: 477148 E 5052940 N

Start recording: 07/02/08 11:49:34 End recording: 07/02/08 12:01:35

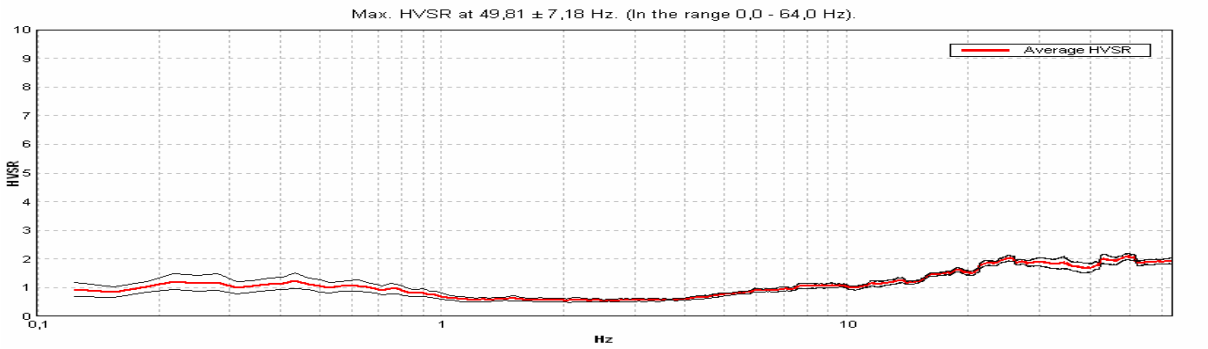
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

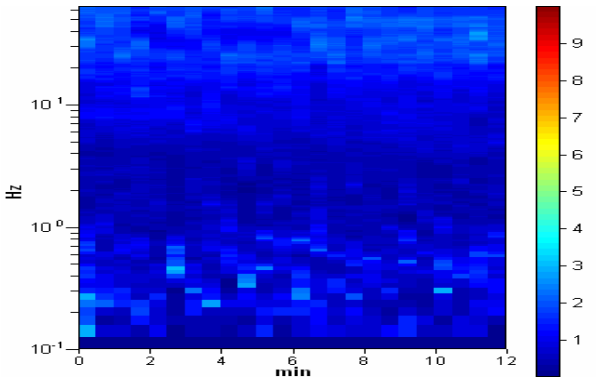
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

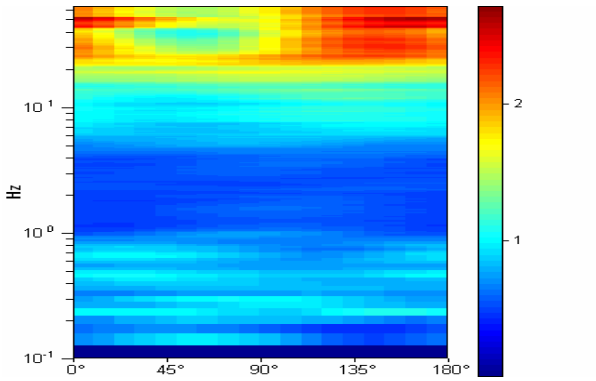


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

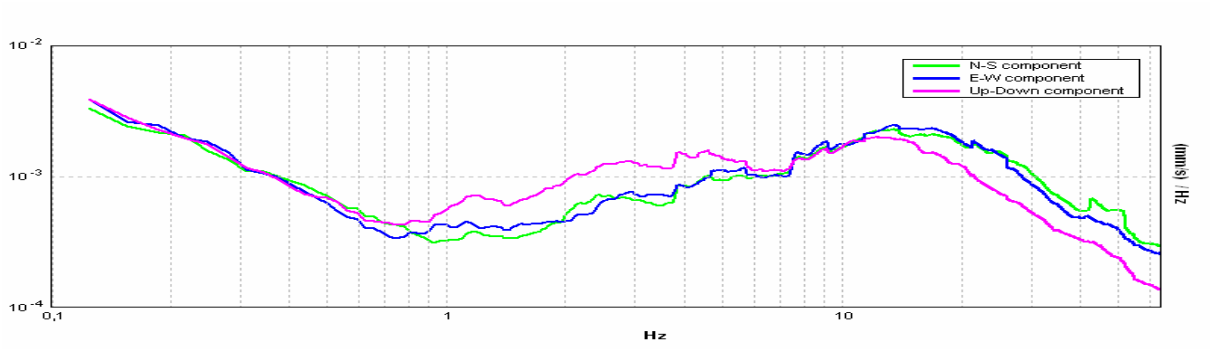
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -2
10 -3
10 -4
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 25

Start recording: 07/02/08 12:03:46 End recording: 07/02/08 12:15:47

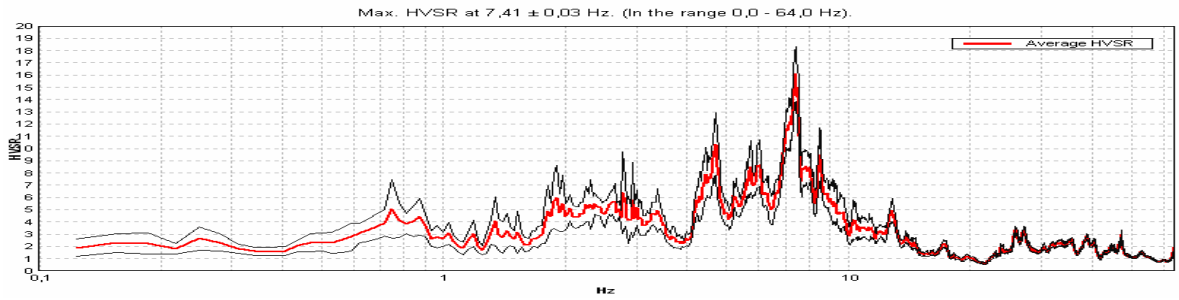
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

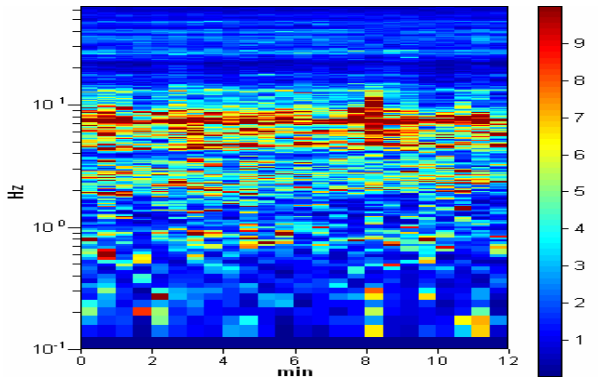
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 1%

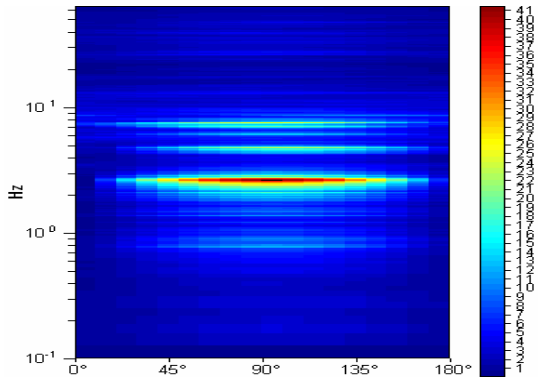


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

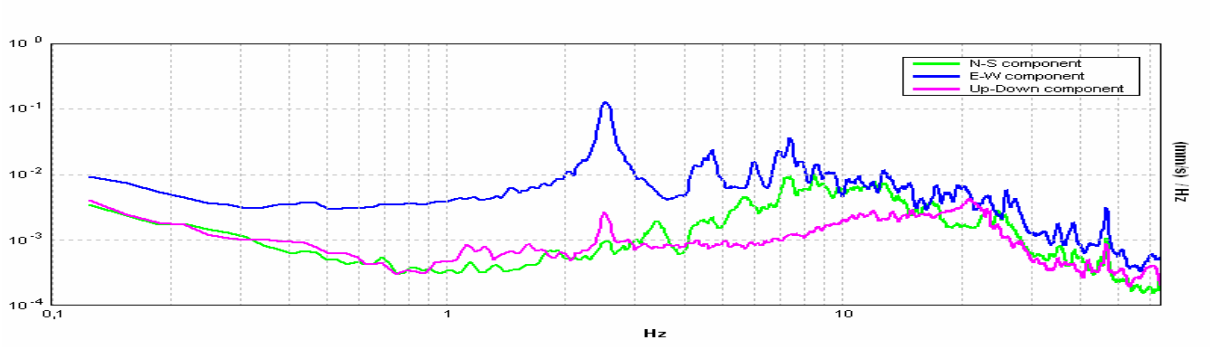
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 26

Start recording: 07/02/08 12:17:34 End recording: 07/02/08 12:29:35

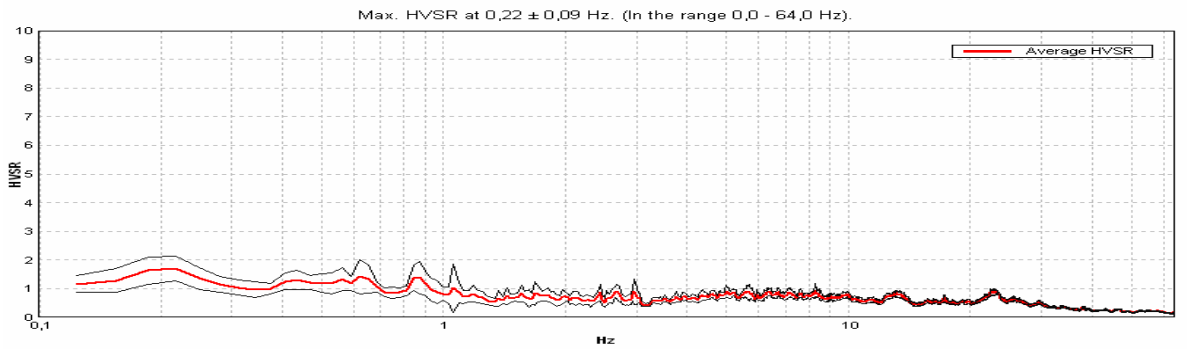
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

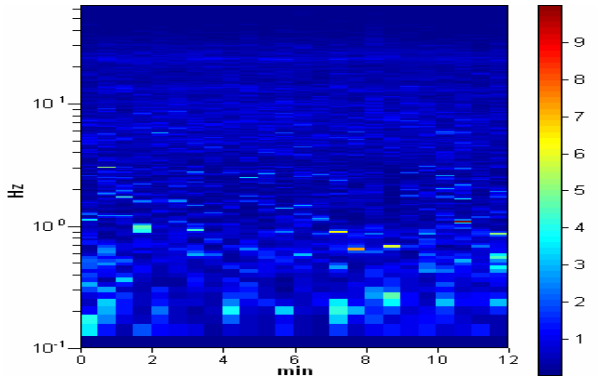
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 1%

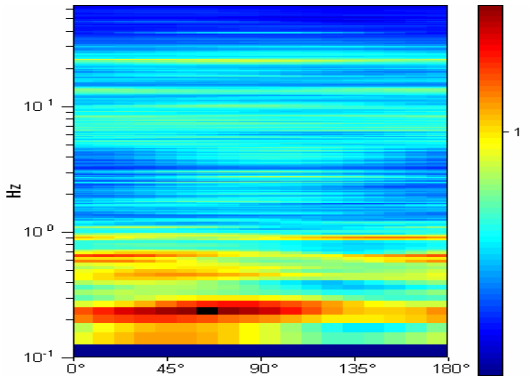


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

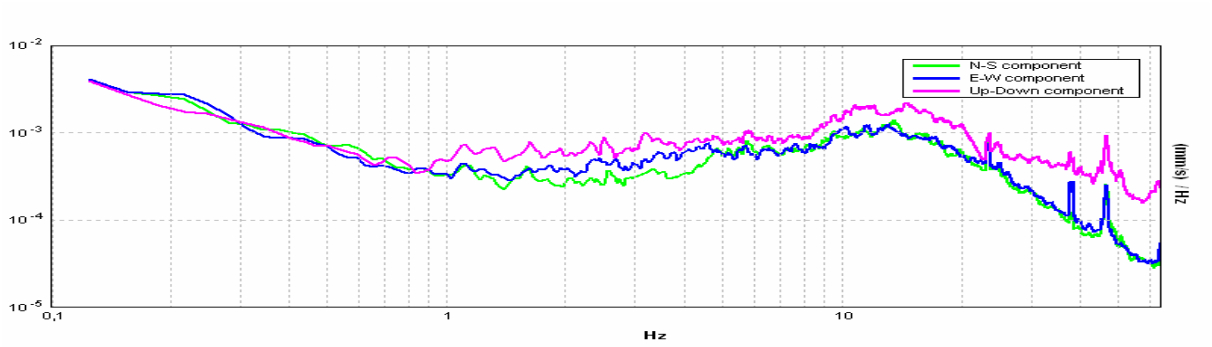
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -2
10 -3
10 -4
10 -5
0,1
1
10
Hz
(m/s) / Hz

Ferno, Tr 27

UTM Coordinate: 479995 E 5051518 N

Start recording: 07/02/08 12:45:20 End recording: 07/02/08 12:57:21

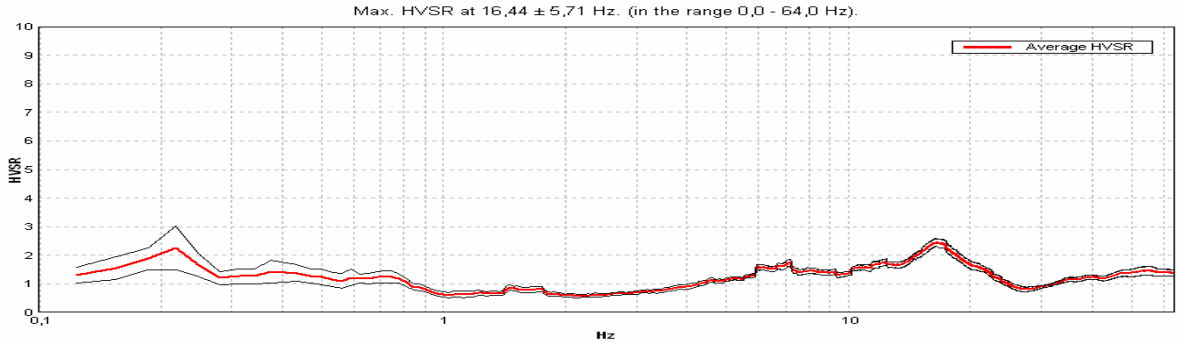
Trace length: 0h12'00". (Analyzed from 0 s for 12, min)

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

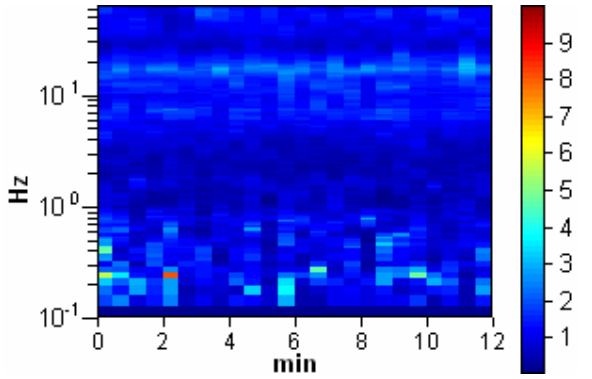
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

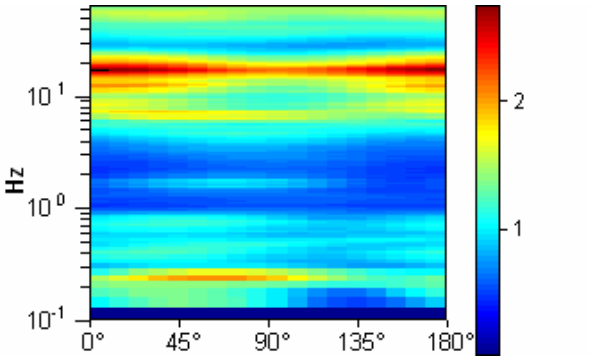


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

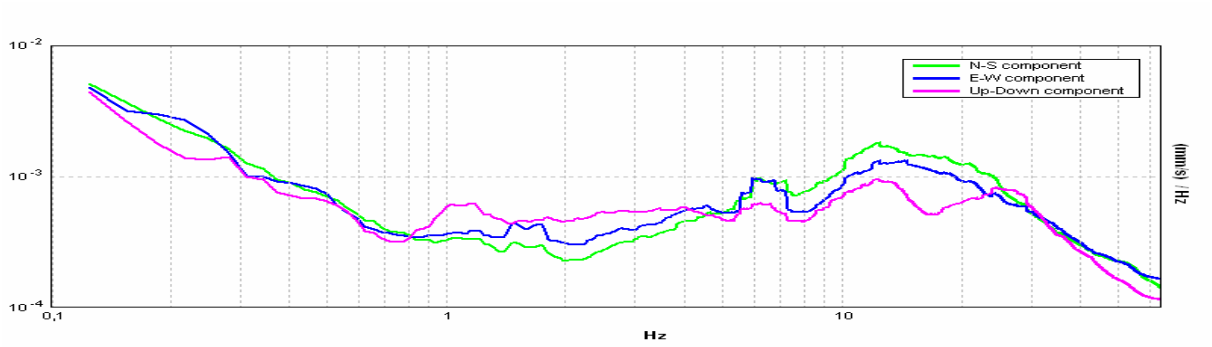
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -2
10 -3
10 -4
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 28

Start recording: 07/02/08 13:13:41 End recording: 07/02/08 13:25:42

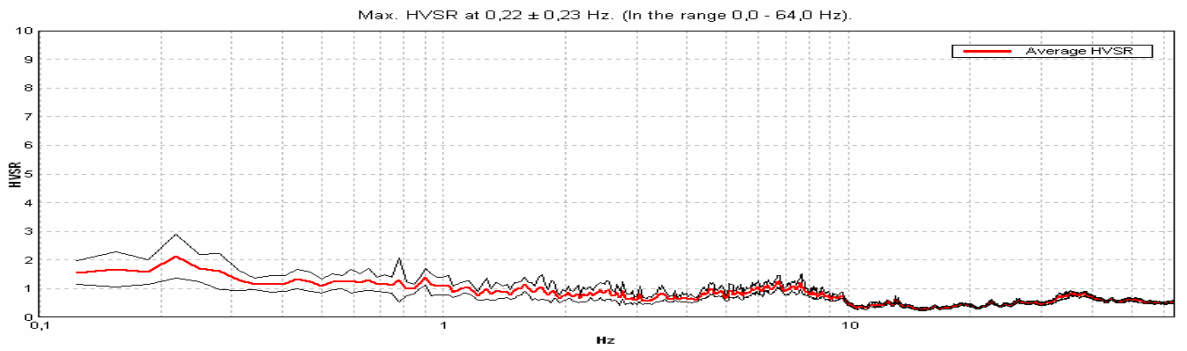
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

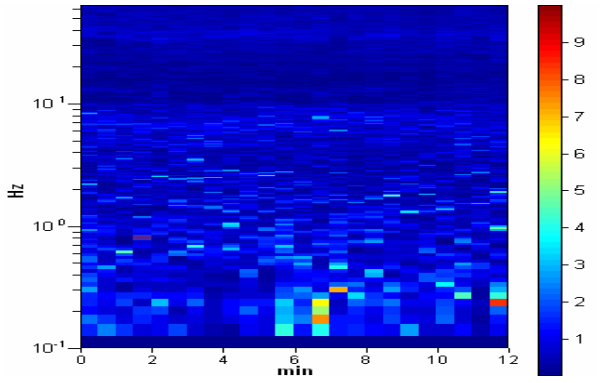
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 1%

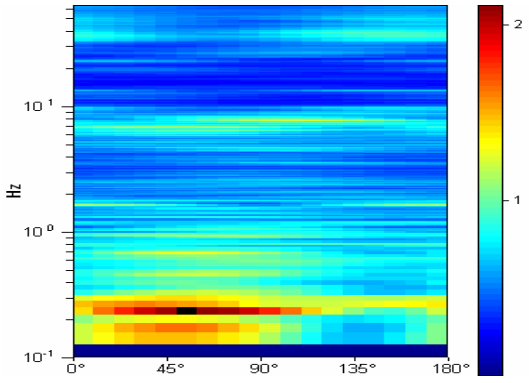


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

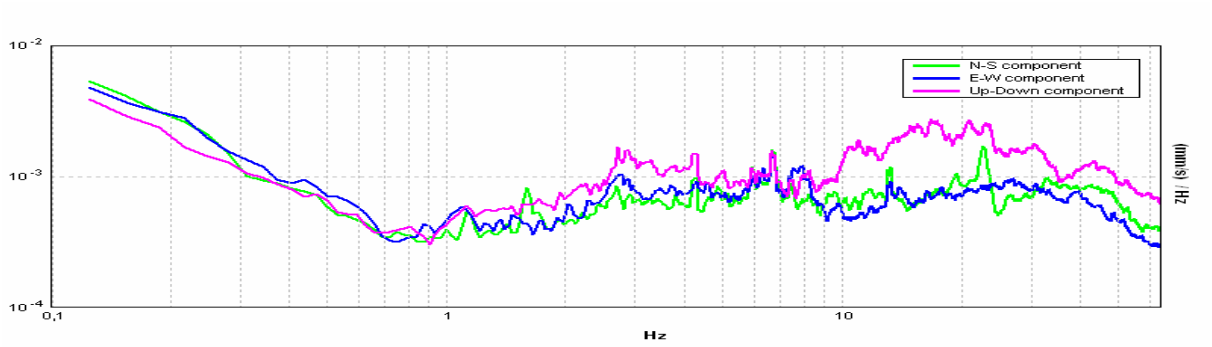
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -2
10 -3
10 -4
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 29

Start recording: 07/02/08 13:29:03 End recording: 07/02/08 13:41:04

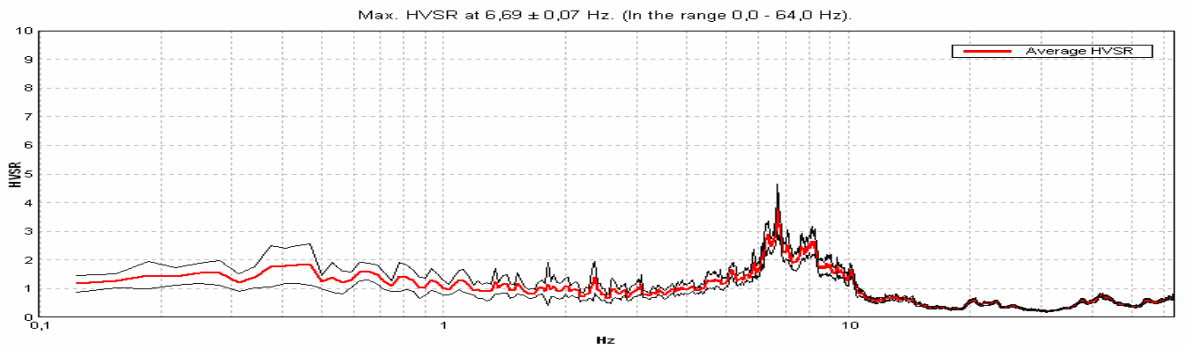
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

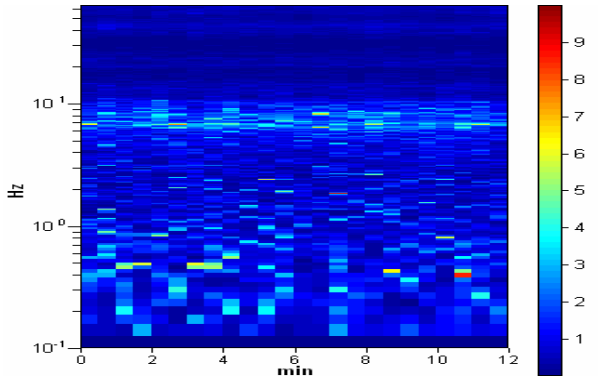
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 1%

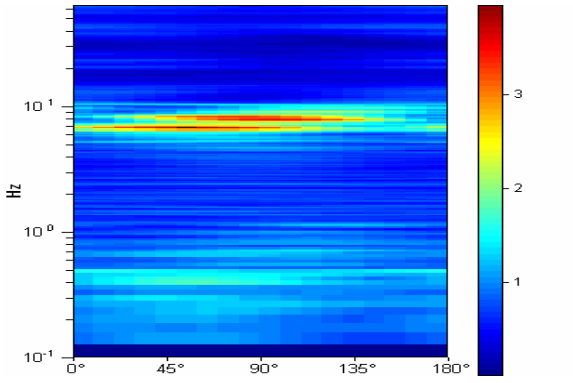


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

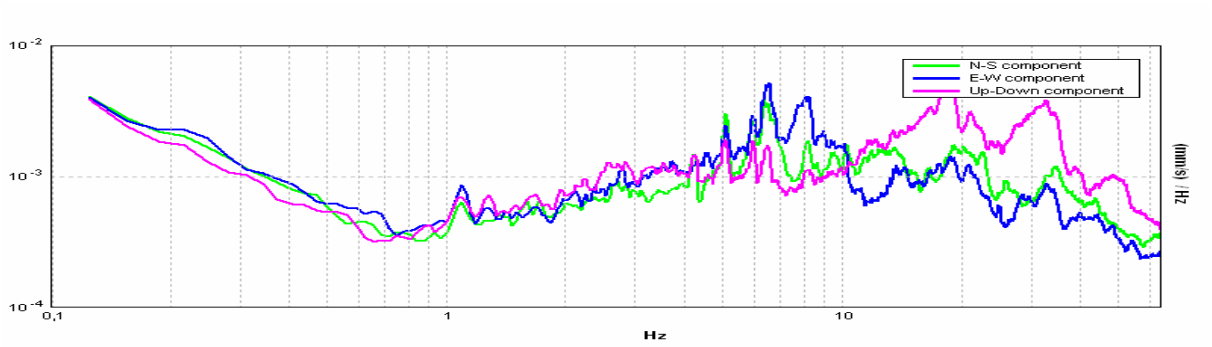
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -2
10 -3
10 -4
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 30

Start recording: 07/02/08 13:53:40 End recording: 07/02/08 14:05:41

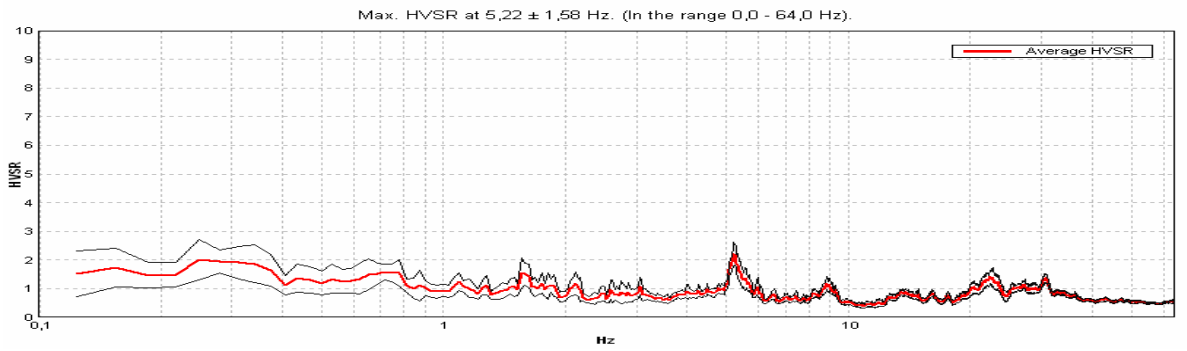
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

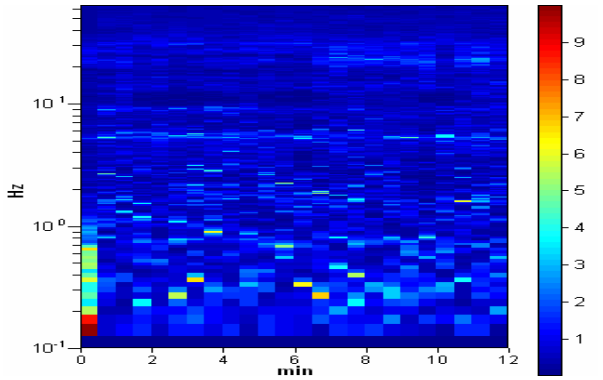
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 1%

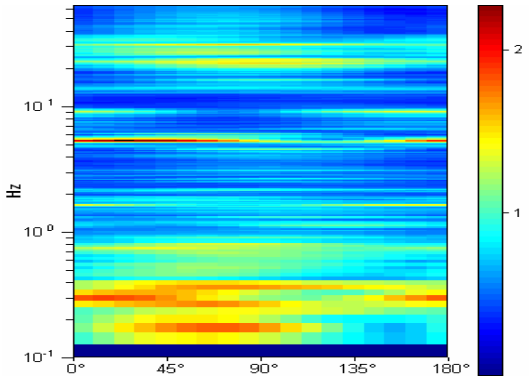


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

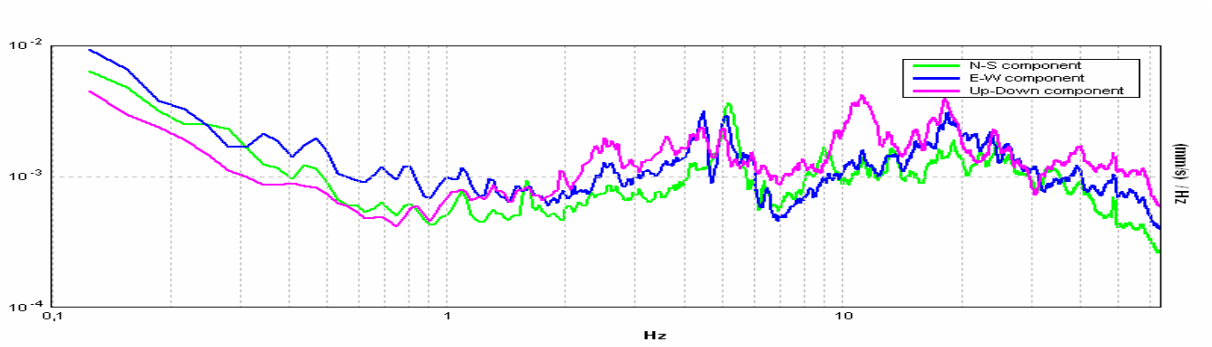
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -2
10 -3
10 -4
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 31

Start recording: 07/02/08 14:07:22 End recording: 07/02/08 14:19:23

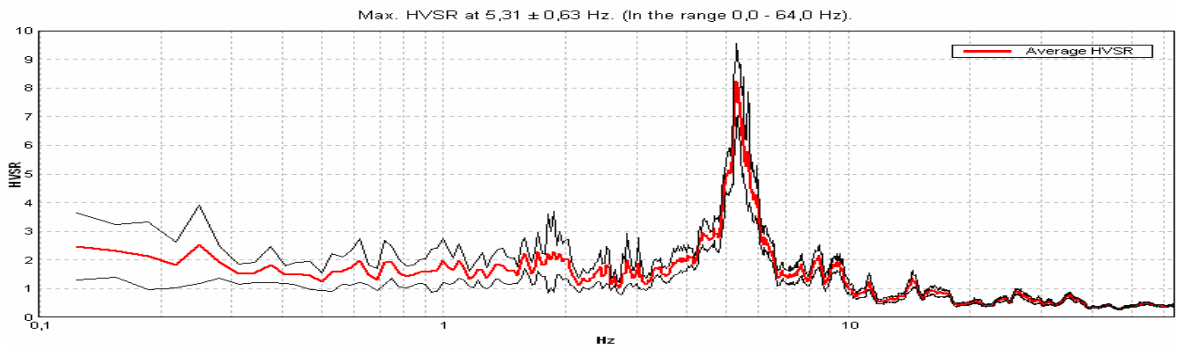
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

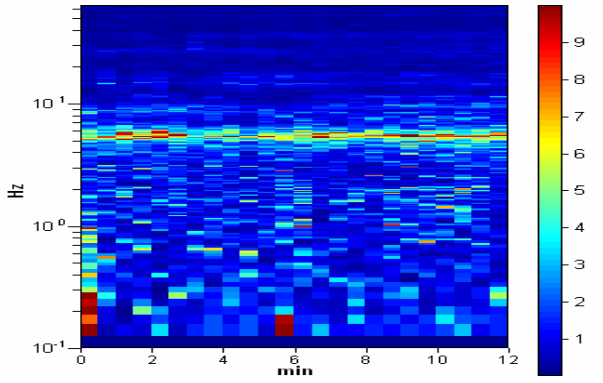
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 1%

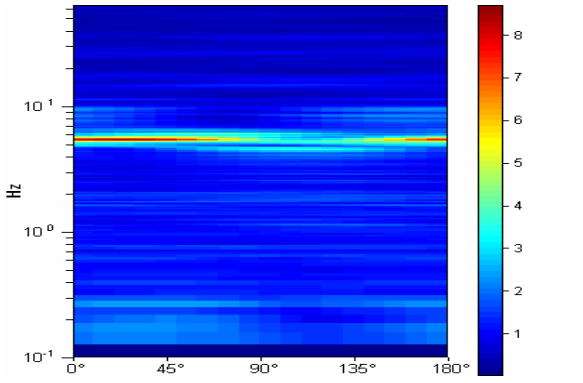


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

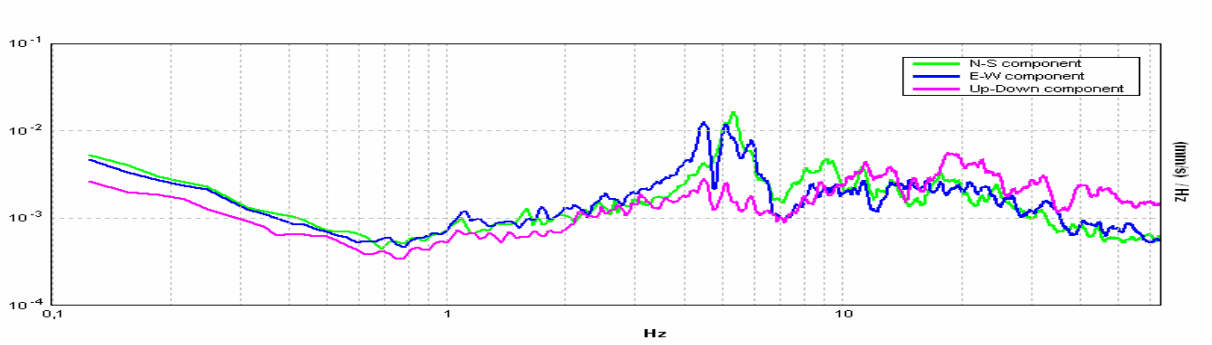
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -1
10 -2
10 -3
10 -4
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 32

UTM Coordinate: 480463 E 5051416 N

Start recording: 07/02/08 14:28:39 End recording: 07/02/08 14:40:40

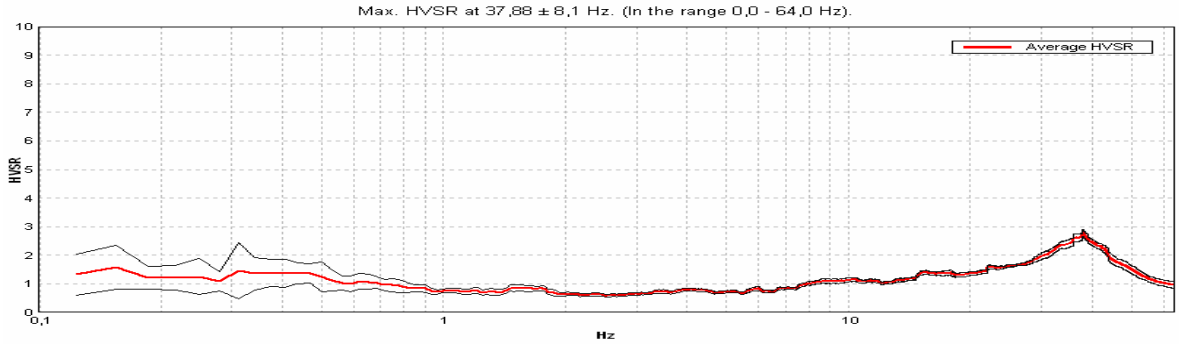
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

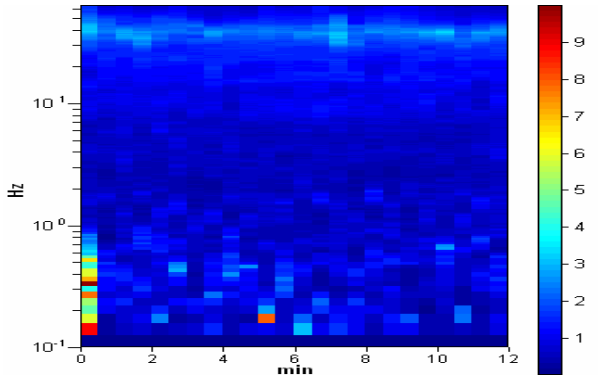
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

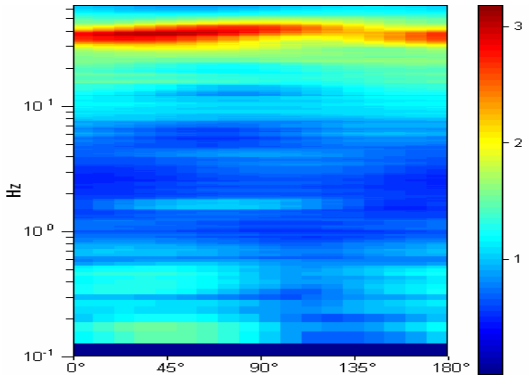


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

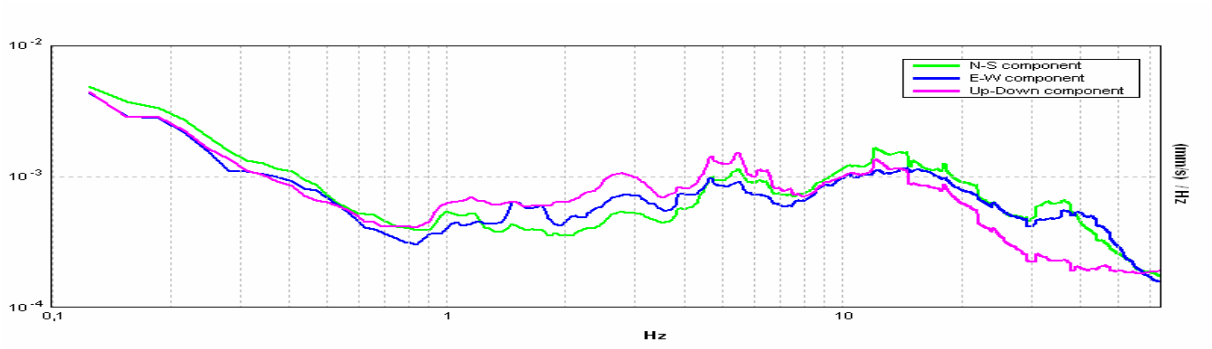
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -2
10 -3
10 -4
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 33

UTM Coordinate: 480732 E 5051298 N

Start recording: 07/02/08 14:46:49 End recording: 07/02/08 14:58:50

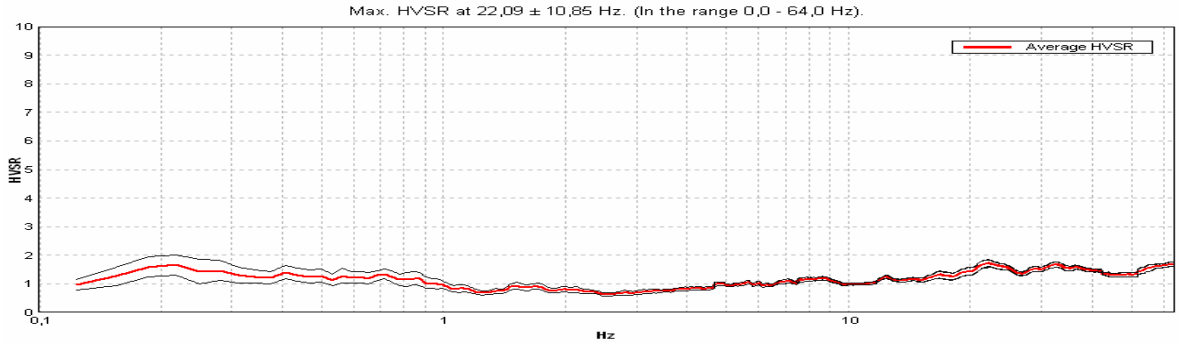
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

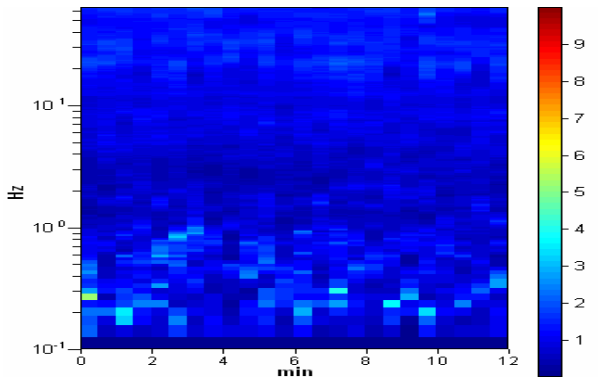
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

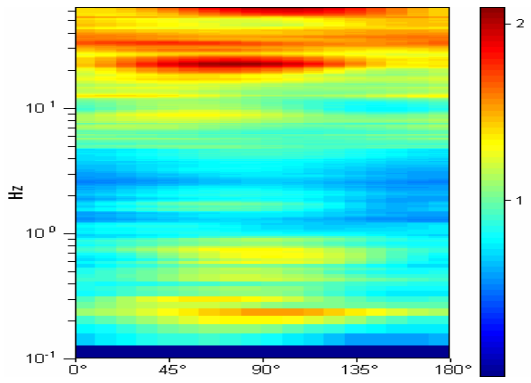


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

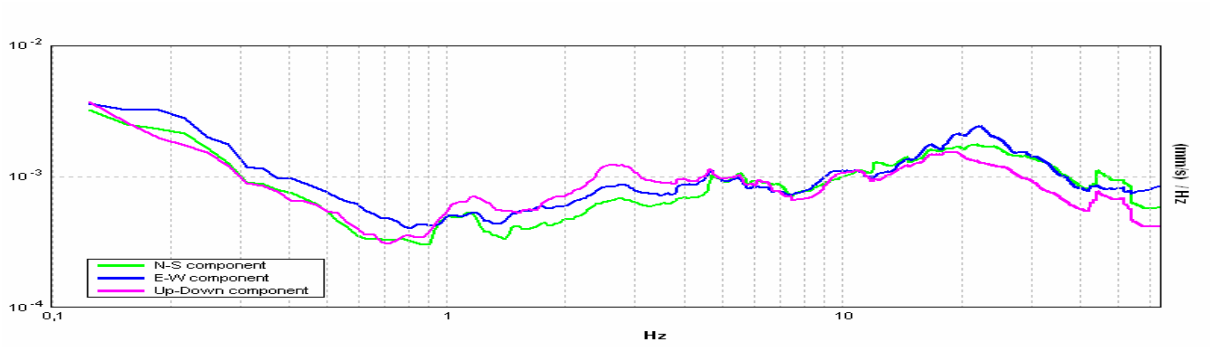
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


10 -2
10 -3
10 -4
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz
N-S component
E-W component
Up-Down component

Ferno, Tr 34

Start recording: 07/02/08 15:07:50 End recording: 07/02/08 15:19:51

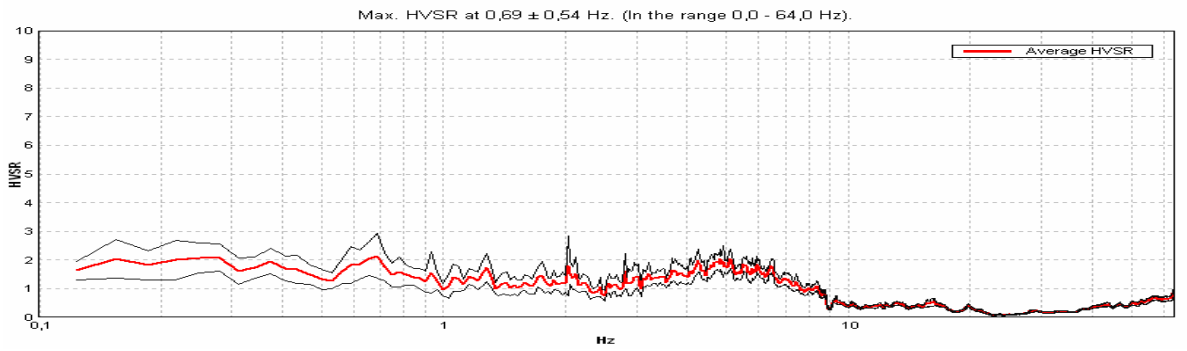
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

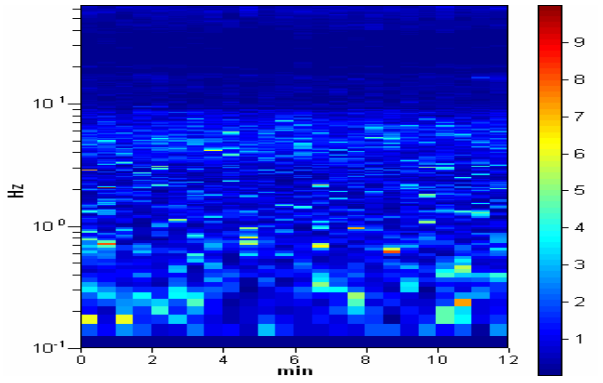
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 1%

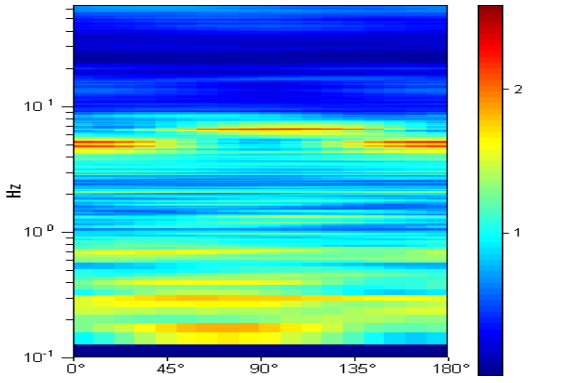


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

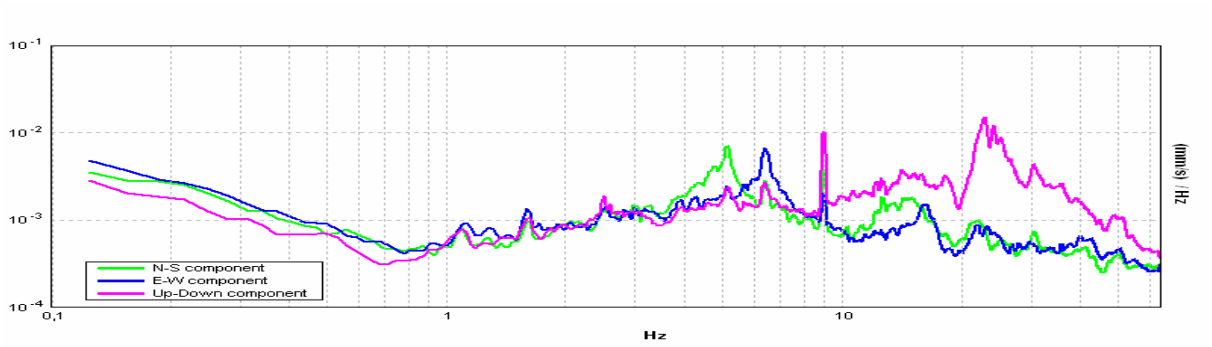
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


10 -1
10 -2
10 -3
10 -4
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz
N-S component
E-W component
Up-Down component

Ferno, Tr 35

Start recording: 07/02/08 15:21:20 End recording: 07/02/08 15:33:20

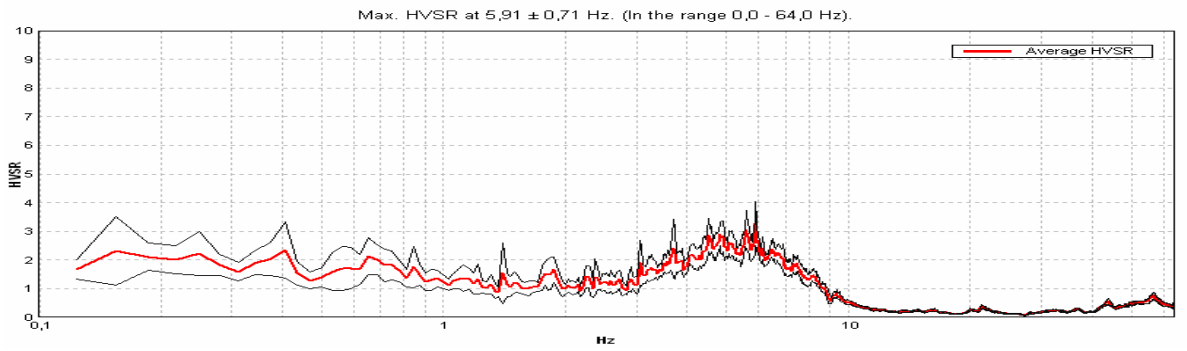
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

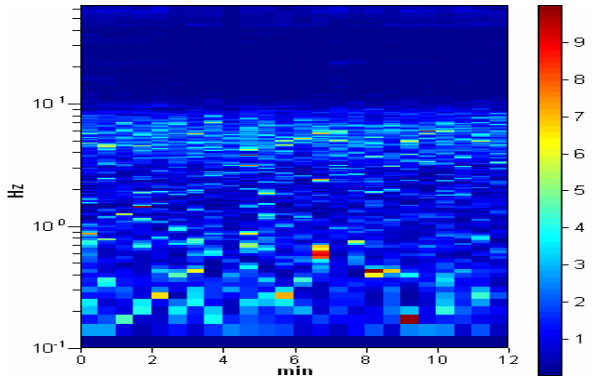
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 1%

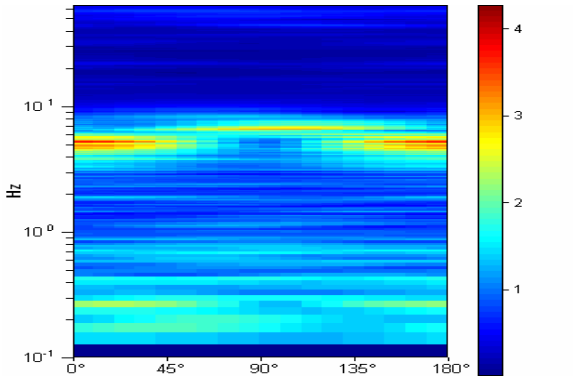


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

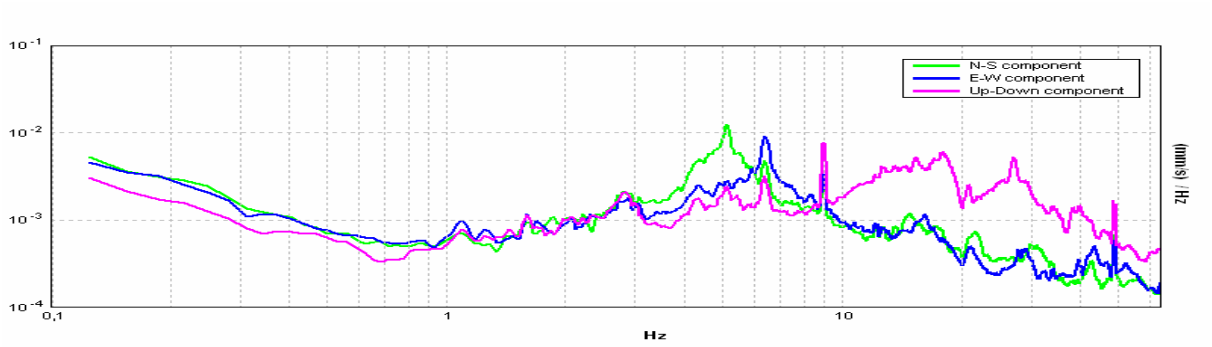
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -1
10 -2
10 -3
10 -4
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 36

Start recording: 07/02/08 15:35:10 End recording: 07/02/08 15:47:11

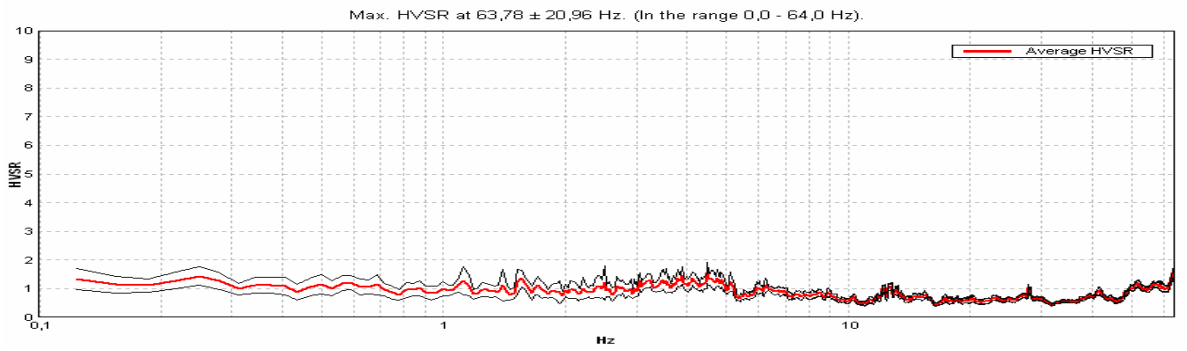
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

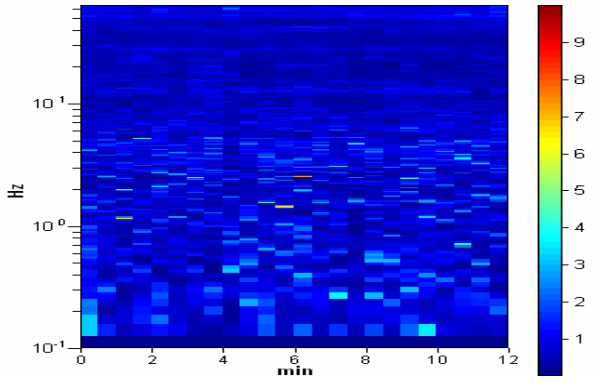
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 1%

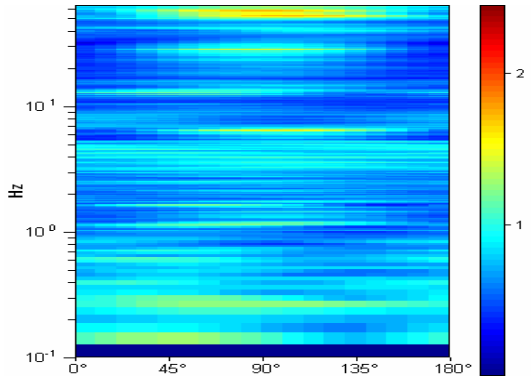


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

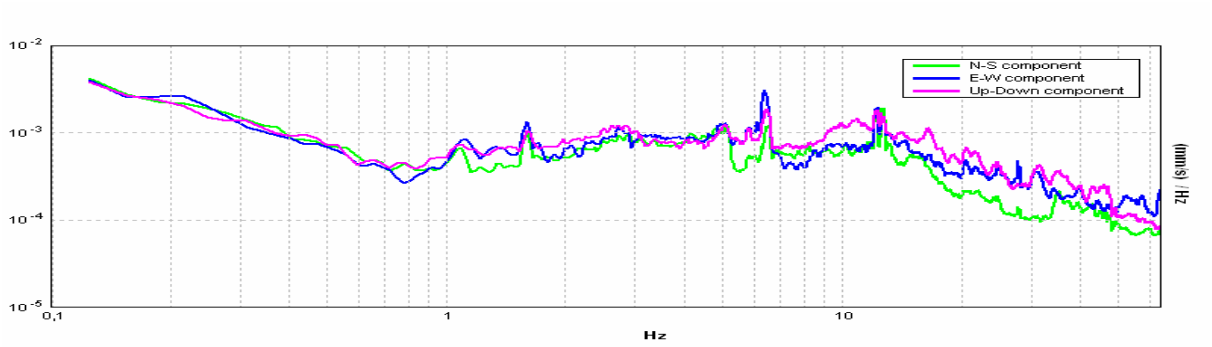
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -2
10 -3
10 -4
10 -5
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 37

UTM Coordinate: 481118 E 5050577 N

Start recording: 07/02/08 15:53:51 End recording: 07/02/08 16:05:52

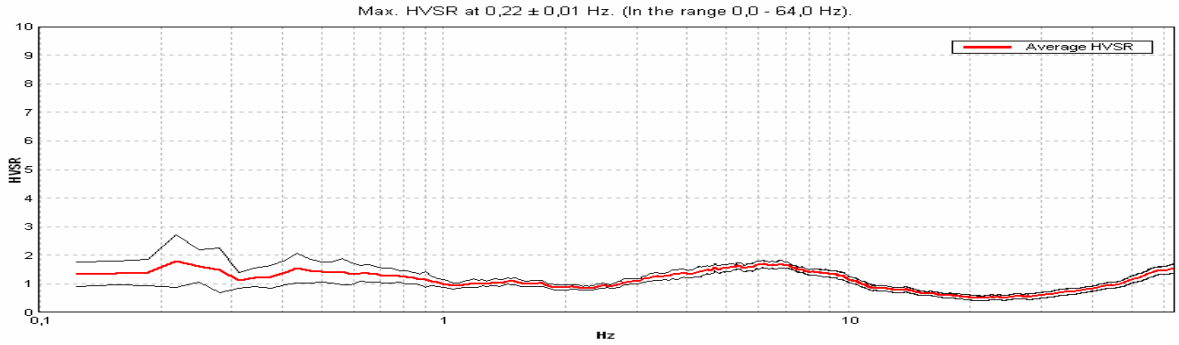
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

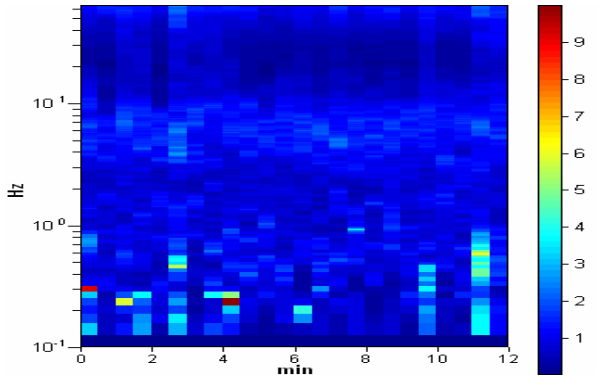
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

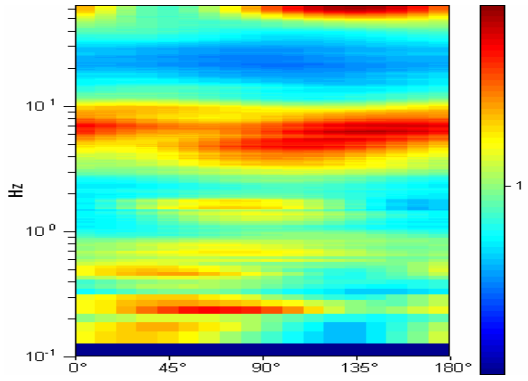


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

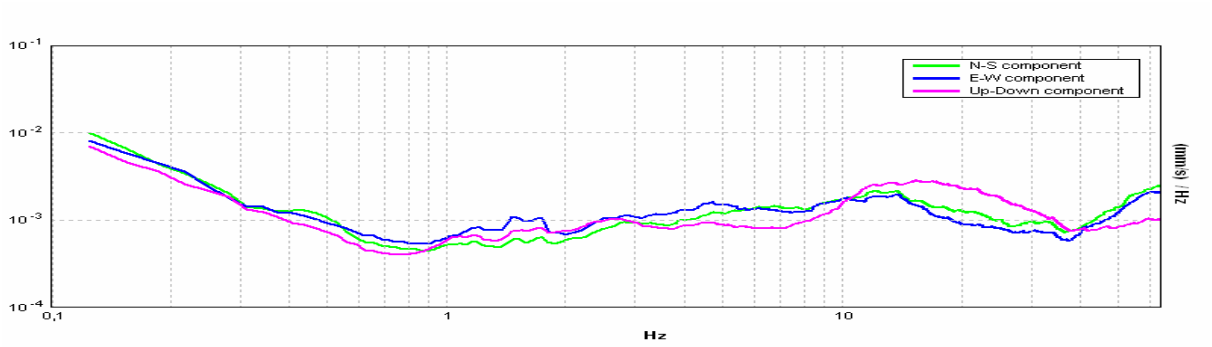
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -1
10 -2
10 -3
10 -4
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 38

UTM Coordinate: 480696 E 5051141 N

Start recording: 07/02/08 16:18:15 End recording: 07/02/08 16:30:16

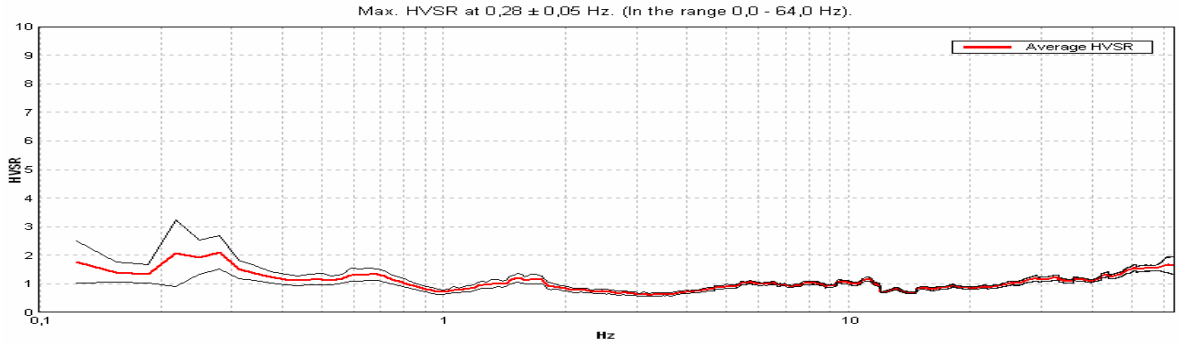
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

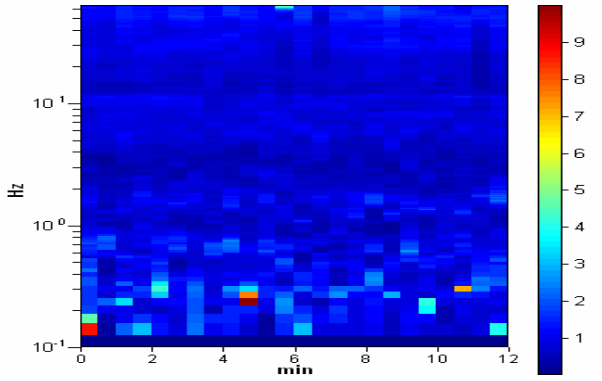
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

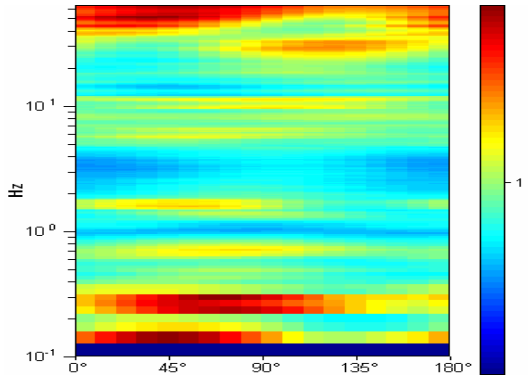


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

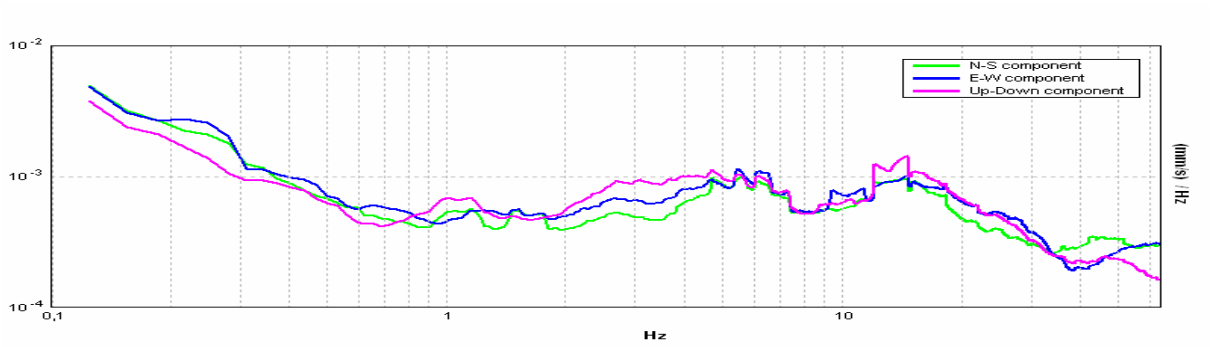
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -2
10 -3
10 -4
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 39

UTM Coordinate: 480850 E 5051527 N

Start recording: 07/02/08 16:36:49 End recording: 07/02/08 16:48:50

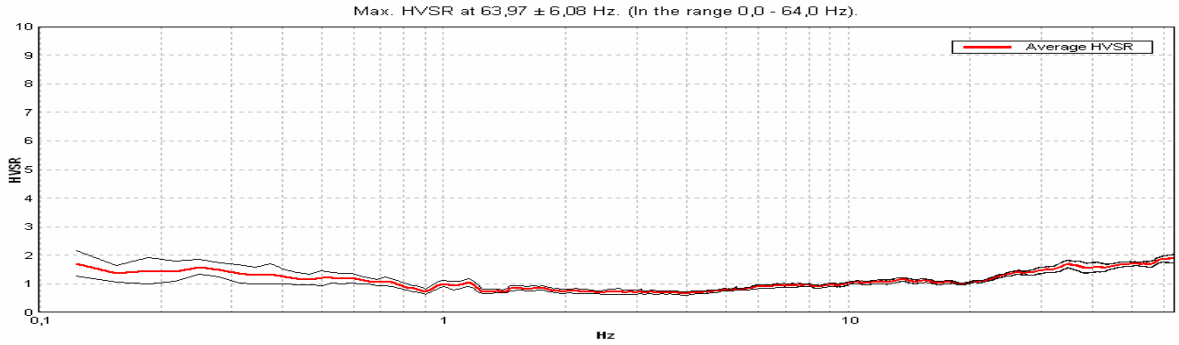
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

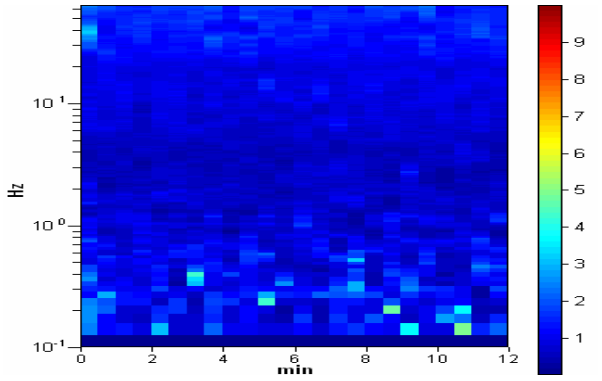
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

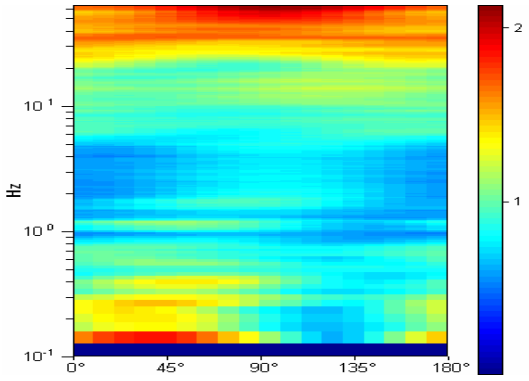


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

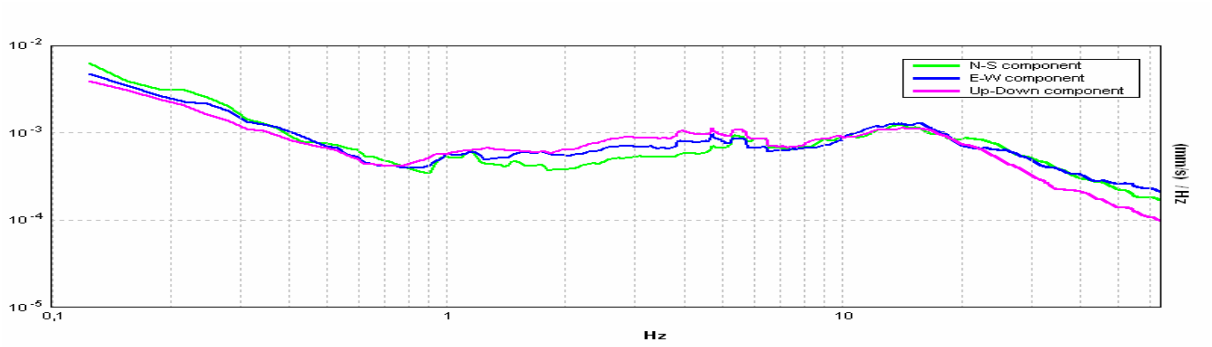
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


N-S component
E-W component
Up-Down component
10 -2
10 -3
10 -4
10 -5
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz

Ferno, Tr 40

UTM Coordinate: 481243 E 5051834 N

Start recording: 07/02/08 16:54:22 End recording: 07/02/08 17:06:23

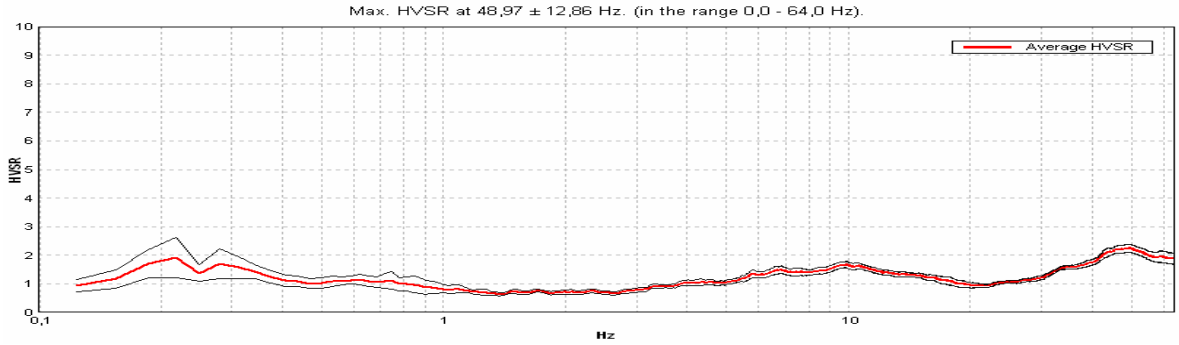
Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

Window size: 30 s

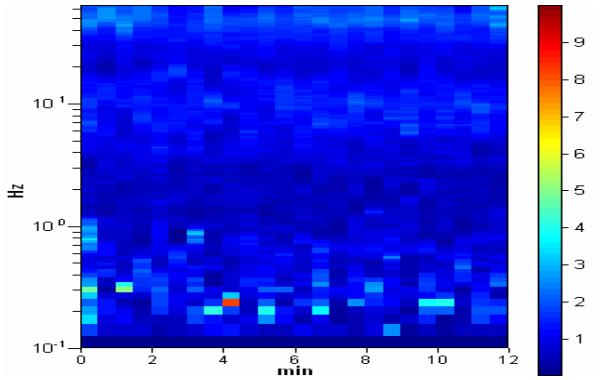
Smoothing window: Triangular window

Smoothing: 10%

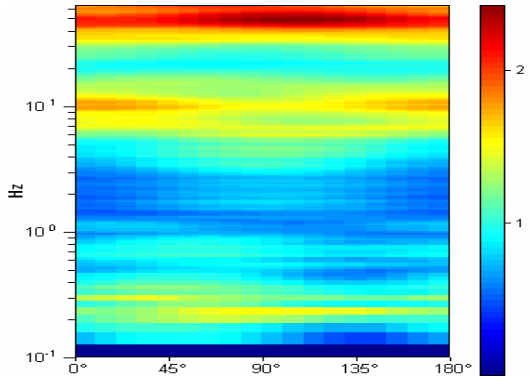


Horizontal to Vertical Spectral Ratio

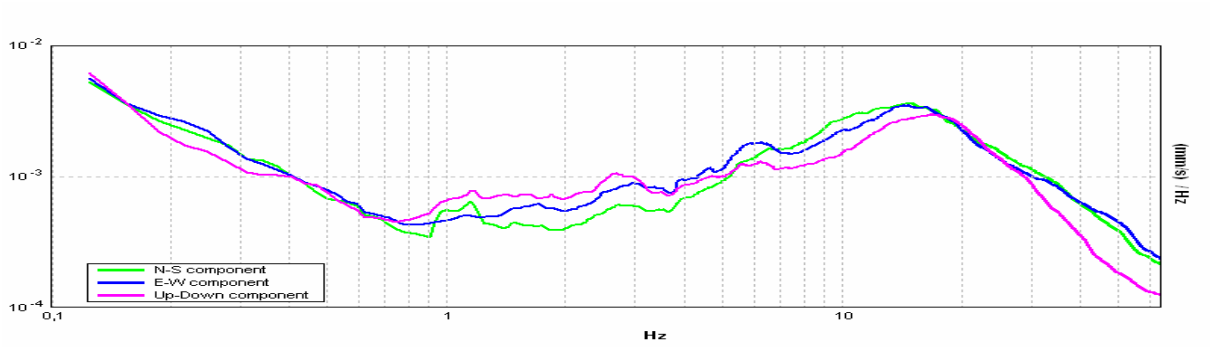
HVSR time history



Directional HVSR



Power spectra


10 -2
10 -3
10 -4
0,1
1
10
Hz
(mm/s) / Hz
N-S component
E-W component
Up-Down component

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (1972) - *Enciclopedia Italiana delle Scienze - Minerali e Rocce, I e II.* Istituto Geografico De Agostini, Novara.

AA.VV. (1988) - *Proposta di normativa per l'istituzione delle fasce di rispetto delle opere di captazione delle acque sotterranee.* Ed. Geo-Graph, Segrate (Milano).

AGI - ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA (1977) - *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.* Tipografia Nicoletti, Roma.

AGI - ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA (1991) - *The Contribution of Geotechnical Engineering to the Preservation of Italian Histroric Sites.* X ECSMFE, Firenze.

AMADESI E. & VIANELLO G. (1978) - *Nuova guida alla realizzazione di una carta della stabilità dei versanti.* Mem.Soc.Geol.It. 19, 53-60.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (1964) - Procedures for testing soils. 4th Ed.

AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO (2001) – Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI);

BINI A. (1997) – *Problems and methodologies in the study of the quaternari deposits of the southern side of the Alps.* Geologia Insubria Vol. 2.

BOSI C. (1979) - *Considerazioni e proposte metodologiche sulla elaborazione di carte della stabilità.* Geologia Applicata ed Idrogeologia XIII.

CANUTI P. & PRANZINI E. (1988) - *La gestione delle aree franose.* Edizioni delle Autonomie.

CANUTI P., DRAMIS F., GARZONIO C.A., GENTILI B. (1989) - *Un esempio di cartografia geomorfologica applicativa su base morfometrica per lo studio dei centri abitati instabili.*- Atti Conv.SCAI, Portonovo (AN), Maggio 1989.

CANUTI P., FOCARDI P. & GARZONIO C.A. (1985) - Correlation between rainfalls and landslides. Proc. 27th I.G.C., Moscow. IAEG Bull., **32**.

CANUTI P., MOISELLO U., TENTI G. (1982) - *Distribuzione e previsione delle massime precipitazioni di durata da 1 a 5 giorni.* In Gruppo Ricerca Geomorfologia C.N.R. Geomorfologia del Territorio di Febbio tra il M. Cusna e il F. Secchia. Geog. Fis. Div. Quat. 5.

CANUTI P., PRANZINI E. (1988) - La gestione delle aree franose. 28/Amministrare l'urbanistica, Edizioni delle autonomie.

CAPECCHI F. & FOCARDI P. (1988) - *Rainfall and landslides: research into a critical precipitation coefficient in an area of Italy.* Proc. 5th Symp. on Landslides, Lausanne.

CARRARA A., CARTON A.., DRAMIS F., PANIZZA M. & PRESTININZI A. (1986) - *Cartografia della pericolosità connessa ai fenomeni di instabilità dei versanti.* Boll. Soc. Geol. It., **106** ,199-221

CARRARA A., D'ELIA B., SEMENZA B. (1985) : Classificazione e nomenclatura dei fenomeni franosi. Geologia Applicata e Idrogeologia **20**(2), 223-243.

CASTIGLIONI G.B. (1979) - *Geomorfologia.* UTET, Torino. 436 pp.

CATENACCI V. (1992) - *Il dissesto geologico e geoambientale in Italia dal dopoguerra al 1990.* Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia, **47**, 301 pp.

CELICO P. (1986) - *Prospezioni idrogeologiche.* Liguori, Napoli; vol.**I**, 735 pp.
CELICO P. (1988) - *Prospezioni idrogeologiche.* Liguori, Napoli; vol.**II**, 528 pp.
CHANDLER R.J. (1991) - Lecture Notes. MSc in soil Mechanics/Soil Mechanics and Engineering Seismology. Course SM4: Stability of Soil Slopes, *2. The analysis of the stability of slopes.*
CHANDLER R.J. (1991) - Lecture Notes. MSc in soil Mechanics/Soil Mechanics and Engineering Seismology. Course SM4: Stability of Soil Slopes, *4. Investigation and stbilisation of landslides.*
CHANDLER R.J., LEADBEATER A.D., SKEMPTON A.W. (1989) - *The Malm Tor landslides, north Derbyshire.*Phil. Trans. R. Soc. Lond. A 329, 503-547.
CIVITA M. (1990) - *Legenda unificata per le carte della vulnerabilità all'inquinamento dei corpi idrici sotterranei/Unified legend for the aquifer pollution vulnerability maps.* Quaderni di Tecniche di Protezione Ambientale, Sezione "Protezione delle Acque Sotterranee", Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi, 1 (Appendice), Pitagora Editrice, Bologna.
CIVITA M. (1994) - *Le carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: teoria e pratica.* Quaderni di Tecniche di Protezione Ambientale, Sezione "Protezione delle Acque Sotterranee", 31, Pitagora Editrice, Bologna.
CIVITA M., DAL PRA' A., FRANCANI V., GIULIANO G., OLIVERO G., PELLEGRINI M. & ZAVATTI A. (1993) - *Proposta di classifica sintetica e mappatura della qualità di base delle acque sotterranee.* Inquinamento.
CNR – P.F. CONSERVAZIONE DEL SUOLO DINAMICA FLUVIALE (1982) – Valutazione delle piene.
CNR - COMMISSIONE CARTOGRAFIA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA (1990) - Bozza di normativa per la carta geomorfologica di base alla scala 1:50.000. Int. Rep., 4pp.
CNR-UNI: Norme tecniche per la classificazione delle terre.
COLOMBO P. (1974) - Elementi di Geotecnica. Zanichelli, Bologna.
COOKE R.U. & DOORNKAMP J.C. (1974) - *Geomorphology in environmental management, an introduction.* Claredon Press, Oxford, 413pp.
COTECCHIA V. & DEL PRETE V. (1986) - *Some observations on stability of old landslides in the historic centre of Grassano after the earthquake of 23th Nov. 1980.* Proc. of the Int.Symp. on "Engineering Geology Problems in Seismic Area", Bari, Geol. Appl. Idrogeol., **21**.
COTECCHIA V., DEL PRETE M. & TAFUNI N. (1986) - *Effects of earthquake of 23th Nov. 1980 on pre-existing landslides in the Senerchia area (Southern Italy).* Geol. Appl. Geot. **21**(4).
COTECCHIA V. (1978) - *Evoluzione dei versanti, fenomeni franosi e loro controllo (P.F. "Conservazione del suolo": S.P."Fenomeni franosi").* Mem.Soc.Geol.It.19, 29-51.
CRUDEN D.M. & VARNES D.J. (1994) - *Landslides Types and Processes.* In: "Landslides: Investigation and Mitigation". Transportation Research Board. National Academy of Sciences.
DA ROLD O. (1990) – L'Apparato Glaciale del Lago Maggiore, settore Orientale – *Tesi di dottorato III Ciclo 1987 – 1990.*
D'ELIA B. (1979) - *Caratteri cinematici delle colate: interventi di stabilizzazione.* Rivista Italiana di Geotecnica, **13**, 122-136.

DELL'ANNA L., FEDERICO A., VENIALE F. (1982) - *Influenza dei caratteri litologici, mineralogici, geochimici e tessiturali sui terreni soggetti a fenomeni franosi.* Prog. Fin. Cons. del Suolo. Atti Convegno Conclusivo 9-10 Giugno 1982, 283-303.

DEL PRETE M., GIACCARI E. & TRISORIO-LIUZZI G. (1992) - *Rischio da frane intermittenti a cinematica lenta nelle aree montuose e collinari urbanizzate della Basilicata.* Pubb. n.841 - GNDCI.

DEL PRETE M., HUTCHINSON J.N. (1988) - *La frana di Senise del 27.7.1986 nel quadro morfologico del versante meridionale della collina Timpone.* Riv. It. Geotecnica, a.22, n.1.Napoli.

DESIO A. (1971) - *Guida alla classificazione delle frane e ai primi interventi.* III Sottocommissione, 9-24.

DRAMIS F. & GENTILI B. (1988) - *Cartografia di instabilità dei versanti su base geomorfologica: esempi dell'area marchigiana.* Atti Convegno: Cartografia e monitoraggio dei movimenti franosi. Sessione cartografia. Bologna 10-11 novembre 1988, 13-19.

GNGFG - Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia (1987) - Cartografia della pericolosità connessa ai fenomeni di instabilità dei versanti. Boll. Soc. Geol. It., 106, 199-221.

HUTCHINSON J.N. & DEL PRETE M. (1985) - *Landslides at Calitri, Southern Apennines, reactivated by the earthquake of 23rd November 1980.* Geologia Appl. & Idrogeol., **20**, 9-38.

HUTCHINSON J.N. (1968) - *Mass Movements.* In: FAIRBRIDGE R. W. (ed.) "Encyclopaedia of Geomorphology" (Enciclopaedia of Earth Sciences Series III) 688-695.

HUTCHINSON J.N. (1993) - *Some aspects of the morphological and geotechnical parameters of landslides, with examples drawn from Italy and elsewhere.* Atti 2° Conv. Naz. Giovani Ricercatori Geologia Applicata, Viterbo. Geologica Romana (in stampa).

JAMIOLKOWSKI M., LADD C.C., GERMAINE J.T. & LANCELLOTTA R. (1985) - *New developments in field and laboratory testing of soils.* Theme Lecture, V, 1. XI ICSMFE, S.Francisco, 1985.

JAMIOLKOWSKI M., LANCELLOTTA R., MARCHETTI S., NOVA R. & PASQUALINI E.(1979) - Design parameters for soft clays. SOA: VII ESSMFE, Brighton.

JANBU N. (1973) - *Slope stability computations.* In: "Enbankment Dam Engineering", John Wiley & Sons, New York, 47-88.

LANCELLOTTA R. (1987) - *Geotecnica.* Zanichelli, Bologna

LANCIERI F. (1982) - *Prove di laboratorio.* Geologia Tecnica 2 1982, 35-59.

MAGGIOLI EDITORE (2002) – Codice di Edilizia ed Urbanistica;

MELIDORO G., VENIALE F. (1975) - *Mineralogia delle argille e meccanica dei terreni. Applicazione allo studio delle frane.* Geol. Appl. Idrogeol., X, 2.

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI - Annali Idrologici del Servizio Idrografico di Stato, 1921-1987.

PANIZZA M. (1972) - *Schema di legenda per carte geomorfologiche di dettaglio.* Boll. Soc. Geol. It., **91**, 207-237.

PANIZZA M. (1978) - *Elementi di geomorfologia.* 2° edizione, Pitagora editrice Bologna, 185 pp.

PANIZZA M. (1988) - *Geomorfologia Applicata.* La Nuova Italia Scientifica.

PINNA M. (1977) – *Climatologia* .UTET, Torino.

PROVINCIA DI SIENA (1996): Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale.

REGIONE LOMBARDIA CARTA TECNICA REGIONALE A5c2 (VERGIATE) – A5d2 (CARNAGO) (1985): Carta Geomorfologica.
REGIONE LOMBARDIA CARTA TECNICA REGIONALE A5c2 (VERGIATE) – A5d2 (CARNAGO) (1985): Carta Litologica.
REGIONE LOMBARDIA CARTA TECNICA REGIONALE A5c2 (VERGIATE) – A5d2 (CARNAGO) (1985): Carta Punti Idrici.
REGIONE LOMBARDIA Giunta regionale (1993): Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale.
REGIONE LOMBARDIA Giunta regionale (1997): Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti.
REGIONE LOMBARDIA Giunta regionale (1998): Approvazione del documento di "Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica della pianificazione comunale, secondo quanto disposto dall'art. 3 della L. R. 24/11/1997 n°41".
REGIONE LOMBARDIA Giunta regionale (1998): Approvazione del 1° programma regionale di Previsione e Prevenzione di Protezione Civile redatto ai sensi dell'art. 12, secondo comma della L. 24/2/1992 n°225.
REGIONE LOMBARDIA Giunta regionale (2001): Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana in Regione Lombardia.
REGIONE LOMBARDIA Giunta regionale (2001): Approvazione direttive per la redazione dello studio geologico ai sensi dell'art. 3 della L. R. 24/11/1997 n°41".
REGIONE PIEMONTE – CIR 8/5/1996 n°7: Specifiche tecniche per l'elaborazione degli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici.
REGIONE TOSCANA Giunta Regionale (1998): Regionalizzazione delle portate di piena in Toscana. Manuale per l'analisi dei fenomeni alluvionali.
REGIONE VENETO Giunta regionale (1996): Grafie geologiche per la pianificazione Territoriale – Contenuti geologico-tecnici nelle grafie unificate per gli strumenti urbanistici comunali.
STRAHLER A.N. (1975) - *Physical Geography*. John Wiley & Sons, Inc., London.
TAZIOLI G.S.(1989) -*Eventi meteorici e frane*. Atti Conv. Studio Centri Abitati Instabili, Portonovo (AN), CNR-GNDCI, Regione Marche.
TERZAGHI K. & PECK R.B. (1967) - *Soil Mechanics in Engineering Practice*. 2nd Ed; Wiley, New York.
TERZAGHI K. (1936) - *Stability of slopes of natural clay.* Proc. 1st ICSMFE, Harvad, **1**, 161-165.
TERZAGHI K. (1943) - *Theoretical soil mechanics*. John Wiley & Sons Inc., New York.
TERZAGHI K. (1950) - *Mechanism of Landslides*, Geol. Soc. America, Eng. Geol. "Berkey" Volume, 83-123
U.S.CORPS OF ENGINEERS (1953) - *The unified soil classification system*. Water Experiment Station, Vicksburg Miss., Techn. Mem., I, 1953.
VALLARIO A. (1992) - *Frane e territorio.* Ed. Liguori, Napoli
VARNES D.J. & IAEG Commission on Landslides (1984) - *Landslide Hazard Zonation - a review of principles and practice*. UNESCO Paris.
VARNES D.J. (1958) - *Landslide types and processes*. In: ECKEL E.B. (ed.) "Landslides and Engineering Practice", Special Report 29. Highway Research Board, National Academy of Sciences, Washington D.C., 20-47.

VARNES D.J. (1978) - *Slope movements. Types and processes*. In: SCHUSTER R.L. & KRIZKER R.J. (eds) "Landslides: analysis and control". Nat. Acad. of Sciences, Trasp. Res. Board, Washington, Special Report **176**, 11-35.

VOIGHT B. (1973) - Correlation between Atterberg plasticity limits and residual strength of natural soils. *Géotechnique*, 23, 265-271.

WHITTEN D.G.A & BROOKS J.R.V. (1978) - Dizionario di Geologia. Oscar Studio Mondadori, A.Mondadori.

WP/WPLI - International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory (1993) - *A suggested method for describing the activity of a landslide*. IAEG Bull., **47**, 53-57.

ZUCCOLI L. (1996) – Geologia dell'alta pianura lombarda tra i pianalti di Castelseprio e Tradate – Appiano Gentile, *Tesi di Dottorato IX ciclo, 1993 – 1996*

ZUCCOLI L. (2000) – *Geologia dei Pianalti di Castelseprio e Tradate (Provincia di Varese).* AIQUA II Quaternario, Vol. 13, fasc. 1/2°